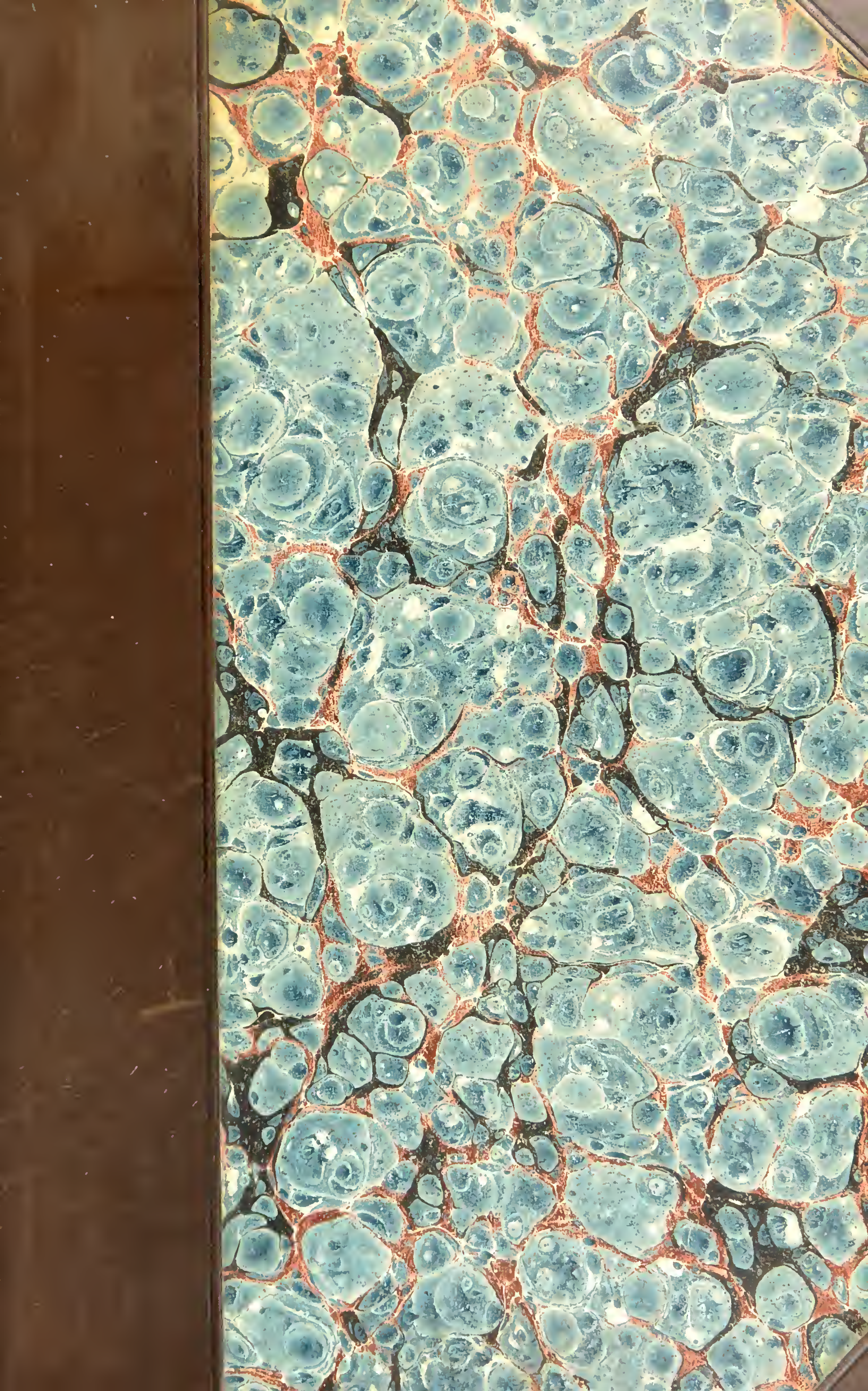


ESSAI
SUR
L'HORLOGERIE.

TOME PREMIER.

ESSAI
SUR
L'HORLOGERIE;

DANS LEQUEL ON TRAITE DE CET ART,

Relativement à l'usage Civil, à l'Astronomie & à la Navigation, en établissant des Principes confirmés par l'expérience.

Dédié aux Artistes & aux Amateurs.

SECONDE ÉDITION.

Par M. FERDINAND BERTHOUD, *Horloger-Méchanicien du Roi & de la Marine, Membre de la Société Royale de Londres.*

TOME PREMIER.

Avec Figures en Taille-douce.



A PARIS,

Chez {J. G. MERIGOT le jeune, Libraire, quai des Augustins.
{DIDOT fils, = JOMBERT jeune, Libraires, rue Dauphine.

M. DCC. LXXXVI.

Avec Approbation, & Privilége du Roi.





PLAN
DE CET OUVRAGE.

Le titre du Livre que je publie, annonce que je ne prétends point le donner pour un Traité d'Horlogerie. J'étois fort éloigné d'y penser, lors même que je commençai cet Essai ; & aujourd'hui que l'étude & l'expérience m'ont instruit, je vois combien il manque à mon Ouvrage pour remplir ce Titre. Un Traité d'Horlogerie, tel que je le conçois, exigeroit qu'un homme de génie, physicien, & qui joignant à une heureuse disposition de la nature pour les méchaniques, l'étude, l'expérience, la pratique de l'art, & une fortune honnête, pût sacrifier tout son temps à le composer : & la vie d'un homme seroit à peine suffisante, sur-tout s'il vouloit embrasser les détails presque infinis de la main d'œuvre. Mais si je n'ai pû faire un Traité d'Horlogerie complet, je puis au moins me flatter de publier un grand nombre d'Expériences & des Principes que je ne sache pas avoir été donnés avant moi. Ce sont des matériaux qui serviront en passant par d'autres mains ; & s'il m'est arrivé de me tromper, j'aurai obligation à ceux qui me prouveront, par de bons raisonnements, la fausseté du principe que j'aurai établi, content de découvrir la vérité à ce prix.

C'est aux difficultés que j'ai été forcé de surmonter pour m'instruire de l'Art de l'Horlogerie, que l'on doit cet Essai, d'abord fait pour mon usage. Je n'ai point trouvé de Livres qui m'aient prescrit les regles que l'on doit suivre pour faire de bonnes ma-

chines pour la meſure du temps ; car les ouvrages que nous avons ſur l'Horlogerie, contiennent des deſcriptions de machines & fort peu de principes ; enſorte que j'ai travaillé à découvrir des principes, comme ſi juſques ici il n'eût pas été queſtion de machines à meſurer le temps.

Si nous devons beaucoup aux Artiſtes célebres qui ont perfectionné la pratique de l'Horlogerie, il n'en eſt pas moins vrai que juſques ici on n'avoit établi aucuns principes fixes ſur les régulateurs des Pendules & des Montres : on n'avoit ni dit ni prouvé ſi les balanciers, par exemple, doivent être grands ou petits ; légers ou peſants; faire des vibrations lentes ou promptes ; avoir une grande ou petite quantité de mouvement ; de quoi dépend la juſteſſe d'une Montre. On n'a point expliqué les cauſes de leurs différentes variations, ni comment on peut les corriger ; en un mot, on n'a point encore traité des principes de conſtruction de ces machines ; enſorte qu'il eſt arrivé delà que les Ouvriers, dont l'intelligence eſt la plus bornée, ſe ſont fait des principe arbitraires & à leur mode.

Je ne crois cependant pas que tous ceux qui ont fait de bonnes machines propres à meſurer le temps, y aient abſolument été conduits par le haſard, & qu'ils n'aient eu aucunes regles ; mais s'il y en a qui aient acquis quelques lumieres, ils les ont ſi ſoigneuſement gardées par devers eux, qu'elles n'ont point été connues ; & même, à juger des principes des Artiſtes qui ont eu le plus de réputation, par le changement continuel de conſtruction, on peut aſſurer qu'ils n'avoient aucunes regles fixes, & qu'ils ne connoiſſoient nullement les loix du mouvement & celles de méchanique qui auroient dû les diriger ; car ces principes ſont très-invariables. Je crois donc que l'on me ſaura quelque gré, ſi je donne aux Artiſtes un exemple qui aidera à perfectionner cet Art ; c'eſt de publier ce que l'on eſt parvenu à découvrir. De cette maniere, nos recherches ne demeure-

ront pas ensevelies ; elles deviendront par là utiles à ceux qui désirent s'instruire;& en applanissant la route,elles aideront ceux qui ont du génie à perfectionner l'Art. Il feroit à souhaiter que tous ceux qui ont acquis quelques connoissances jusqu'alors ignorées, aimassent assez leur état pour communiquer leurs découvertes ; mais on craint d'ordinaire de les rendre publiques, de peur que d'autres Artistes n'en profitent; ce qui prouve bien le peu de génie & de ressources de ceux qui pensent ainsi.

Quant à cet Ouvrage, il est le fruit d'une longue & pénible étude, & d'expériences suivies. Je n'ai épargné ni peines, ni soins, ni dépenses pour m'instruire ; & je ne fais mystere d'aucune des choses que j'ai apprises : j'espere qu'en cela il sera autant utile aux Horlogers qu'aux Amateurs de l'Art.

Cet Ouvrage n'étant qu'un Essai, on ne doit pas s'attendre à y trouver un plan régulier & suivi méthodiquement ; cependant pour y mettre quelque ordre, je l'ai divisé en deux Parties. La premiere comprend XXXVI Chapitres, qui donnent principalement des descriptions des machines ordinaires d'Horlogerie : Horloges à pendule, à secondes, à sonnerie, à répétition : des Montres à répétition, à équation, à réveil, &c : dix-neuf Planches en taille-douce jointes à cette premiere Partie, représentent les machines dont il y est fait mention. La seconde Partie est divisée en XLVII Chapitres, qui traitent particuliérement des principes & de la théorie de l'Art de la mesure du temps. On y verra grand nombre d'expériences faites pour établir solidement ces principes ; des machines que j'ai composées pour faire ces expériences, &c ; la construction qu'il faut donner aux machines pour mesurer le temps, soit dans les Horloges astronomiques, soit dans les Montres ou Horloges marines, &c : XIX Planches gravées en taille-douce sont relatives à la matiere traitée dans cette Partie.

PREMIERE PARTIE.

Le Chapitre Ier. traite de la division du temps, qui eſt meſuré par les révolutions du ſoleil : On fait voir que le ſoleil varie : définition du temps vrai & du temps moyen : On explique enſuite les cauſes de variation du ſoleil.

Chap. II. Pour parvenir à faire concevoir parfaitement les divers effets de cette partie d'une Horloge qui meſure le temps, j'ai ſuppoſé que n'ayant aucune notion d'une machine propre à meſurer le temps, on cherche le moyen d'en compoſer une. Pour cet effet, prenant un poids que l'on attache à une verge, on ſuſpend ce *Pendule* par un fil : les vibrations * qu'il fait, lorſqu'on l'a écarté de la verticale, ſervent à meſurer le temps ; mais comme il faudroit compter tous les battements ou vibrations, on imagine un compteur placé auprès de ce pendule : une roue dentée portant une aiguille, en opere l'effet, en entourant l'axe de cette roue d'une corde à laquelle on ſuſpend un poids. Cette roue entraînée par le poids, communique avec une piece portant deux bras, qui eſt attachée au pendule ; de ſorte qu'à chaque vibration du pendule, la roue avance d'une dent, y étant entraînée par le poids ; & la roue reſtitue en même temps au pendule la force que la réſiſtance de l'air & de la ſuſpenſion lui font perdre à chaque vibration ; c'eſt ce qui forme l'*échappement* de la machine dont le pendule eſt le régulateur, le poids le moteur ou agent, & la roue le compteur ; parce que ſon axe porte une aiguille qui marque les parties du temps ſur un cercle gradué. Ces premiers effets bien conçus, on aura une idée générale de toutes les machines qui meſurent le temps ; car quelles que ſoient leurs conſtructions, elles ſe

* Pour les termes de ſciences & de l'art que l'on n'entendra pas, on peut avoir recours à la Table des matieres (placée à la fin du ſecond volume) où ces termes ſont définis & expliqués ; & ceux qui ne le ſont pas dans la Table, l'ayant été dans le corps de l'Ouvrage, cette Table en indique le numéro.

rapportent à ces premiers principes. Il eſt donc eſſentiel de commencer par donner des idées bien nettes des effets de cette machine ; & c'eſt ce que j'ai eſſayé de faire. Je fais enſuite ſentir la néceſſité de rendre cette Horloge à pendule parfaitement fixe, & la difficulté d'adapter le pendule pour régulateur d'une Horloge portative : le poids éprouve les mêmes difficultés lorſqu'on veut l'employer pour moteur d'une machine portative.

Dans le CHAP. III, on verra la deſcription d'une Horloge à pendule, qui eſt à ſecondes *concentriques*, & qui ſonne les heures & demies.

Le CHAP. IV contient des réflexions ſur les machines que l'on emploie pour faire ſonner aux Horloges les heures, & les moyens de les ſimplifier : c'eſt ce que j'indique dans le CHAP. V, où je donne la deſcription d'une ſonnerie très-ſimples que j'ai compoſée & exécutée ; elle n'a que trois roues, & elle marche un an ſans remonter, avec un poids de dix livres, dont la deſcente eſt de trois pieds.

Je donne dans le CHAP. VI une notion générale de la répétition ; & j'en explique les principaux effets.

Dans le CHAP. VII, je décris toute les parties d'une Pendule à répétition.

Après avoir expliqué, le plus clairement qu'il m'a été poſſible, les parties principales des Horloges à pendule ; ſavoir, 1°, la partie qui meſure temps ; 2°, les ſecondes ; la partie qui ſonne l'heure & la demie ; & enfin la répétition, je paſſe aux Horloges portatives qu'on appelle *Montres :* c'eſt l'objet du CHAP. VIII. Pour parvenir à donner de ces ingénieuſes machines des idées bien nettes, je ſuppoſe, ainſi que je l'ai fait pour les Horloges à pendule, que l'on n'a jamais vu de Montre, & que l'on cherche les moyens d'en conſtruire une qui ne ſoit pas ſuſceptible de dérangement par les agitations qu'elle éprouve lorſqu'on la porte ſur ſoi. Pour cet effet, j'imagine que ſur un axe terminé

par deux pivots, eſt attaché un anneau circulaire, également peſant dans toutes les parties de ſa circonférence ; cet anneau que j'appelle *Balancier*, (ſuppoſé placé dans une cage, dans les trous de laquelle roulent les pivots de ſon axe), a la propriété de continuer le mouvement qu'on lui a imprimé, ſans que les cahotages le troublent ſenſiblement : ce balancier devient le régulateur que je choiſis pour modérer la vîteſſe des roues de la machine portative ; car en attachant ſur l'axe du balancier deux bras qui communiquent à une roue entraînée par un agent qui ait la propriété d'agir, quelle que ſoit la poſition de la machine (cet agent eſt un reſſort plié en ſpiral) ; ces bras, dis-je, de l'axe de balancier formeront, avec cette roue, un échappement qui fera faire des vibrations au balancier : cette roue marquera les parties du temps diviſé par le balancier. Voilà en gros la marche que j'ai ſuivie dans ce Chapitre, où je définis toutes les parties eſſentielles d'une machine portative. On y obſerve que, dans les Horloges à pendule, la force motrice ne doit être que ſuffiſante pour reſtituer au pendule (d'abord mis en mouvement), celle que le frottement de l'air & de la ſuſpenſion lui font perdre ; mais dans les Montres, la force motrice doit être capable de donner le mouvement au régulateur, ſans quoi la Montre pourroit être arrêtée par de certaines ſecouſſes.

Ces premieres notions des Horloges portatives, bien entendues, je paſſe à la deſcriptiion d'une Montre ordinaire ; & je détaille toutes les parties de cette machine : c'eſt l'objet du CHAP. IX.

Le CHAP. X eſt une deſcription d'une Montre à répétition.

Le CHAP. XI contient la deſcription d'une Montre à réveil.

Le CHAP. XII expoſe comment on fait marquer l'équation du temps aux Horloges.

Le temps meſuré par les Horloges eſt uniforme par ſa nature, (on l'appelle le *Temps moyen*) : celui qui eſt indiqué par le ſo-

leil eſt variable (on l'appelle *Temps vrai*) ; cependant on ſe ſert des révolutions du ſoleil, pour meſurer le temps ; on a donc cherché les moyens de faire ſuivre aux Horloges les variations du ſoleil : c'eſt l'objet de l'*équation* que l'on ajoute à ces machines. On en explique dans ce Chapitre le méchaniſme, qui conſiſte en une aiguille des minutes qui avance & retarde comme le ſoleil, tandis qu'une autre aiguille ſe meut uniformément, & marque le temps moyen. Les variations du ſoleil ont été calculées par les Aſtronomes, qui en ont dreſſé des *Tables d'équation* : on ſe ſert de ces Tables pour régler le mouvement de l'aiguille du temps vrai. Pour faire varier cette aiguille, il y a un rouage particulier qui conduit l'aiguille; une eſpece d'ellipſe agit ſur ce rouage pour en accélérer, ou retarder le mouvement, ſelon que le ſoleil varie; cette ellipſe eſt portée par une roue qui fait ſa révolution en un an ; cette route eſt graduée pour marquer les jours du mois & les mois de l'année. J'explique enſuite le méchaniſme que j'ai imaginé pour faire marquer les années biſſextiles à cette machine ; & pour que la même roue faſſe pendant trois ans de ſuite ſa révolution en 365 jours, & la 4e année en 366 pour l'année biſſextile.

Le CHAP. XIII traite des Horloges d'équation à cercles mobiles.

L'équation décrite dans le Chapitre XII, eſt produite par la variation d'une aiguille; ce qui exige un méchaniſme aſſez compliqué & d'une difficile exécution. Je décris dans le Chapitre (XIII) une équation beaucoup plus ſimple & infiniment préférable. Elle conſiſte uniquement dans une roue qui fait ſa révolution en un an : cette roue porte une ellipſe ſur laquelle appuie un levier portant une portion de roue dentée qui fait mouvoir un cercle mobile au centre du grand cadran ; ce cercle eſt gradué en 60 parties ou minutes : l'aiguille des minutes porte un index fixé avec elle, qui marque ſur le cadran mobile les mi-

nutes du temps vrai : ce cercle mobile va & revient ſur lui-même, y étant obligé par l'ellipſe : ſon mouvement eſt réglé ſelon les Tables d'équations. Ainſi, tandis que l'index ou aiguille du temps vrai, fixée à l'oppoſite de celle du temps moyen ſe meut d'un mouvemenr uniforme, elle indique cependant un temps variable, à cauſe que le cercle gradué varie comme le ſoleil. La premiere invention de cette ſorte d'équation appartient à M. le Bon : je l'ai reconſtruite à ma maniere. Je décris dans le CHAP. XIV, une Montre d'équation à ſecondes concentriques, qui marque les mois & leurs quantiemes. Le méchaniſme de l'équation eſt le même que celui décrit dans le Chapitre XIII. J'ai préſenté cette Montre à l'Académie en 1754. On verra dans le CHAP. XV, la deſcription d'une Horloge à équation par deux aiguilles : elle eſt de ma compoſition. Je l'ai préſentée auſſi à l'Académie en 1752. Cette Horloge marque les mois de l'année, leurs quantiemes & les années biſſextiles : je donne des regles pour l'exécution de cette équation. Les années biſſextiles ſont produites par un méchaniſme particulier. Quoique le méchaniſme de cette équation paroiſſe ſimple, comme il eſt d'une difficile exécution, je ne conſeille pas d'en faire uſage : celui à cercle mobile eſt préférable.

Les CHAP. XVI & XVII comprennent des deſcriptions de deux conſtructions d'équation imaginées par M. Rivaz. Je donne à la fin du Chapitre XVII, une notion d'une ſorte d'équation du Pere Alexandre, Auteur d'un Traité d'Horlogerie. Cette équation eſt produite par une ellipſe ou courbe qui alonge & racourcit le pendule, pour le faire varier comme le ſoleil. Je fais ſentir les défauts de cette conſtruction.

Dans le CHAP. XVIII, j'entre dans tous les détails de conſtruction des Montres à équation que j'exécute. J'y traite, 1° de celles qui étant à répétition & à ſecondes d'un ſeul battemennt,

vont

vont 8 jours ſans remonter, & qui marquent les mois de l'année: j'en donne un plan exact deſſiné d'après la Montre & de la même gandeur. Je donne enſuite le calibre d'une répétition à équation, à ſecondes concentriques de deux battements, qui marche 30 heures ſans remonter; ces ſortes de Montres marquent les mois de l'année & leurs quantiemes: je donne encore le calibre d'une Montre d'équation à ſecondes d'un ſeul battement allant un mois ſans remonter, qui marque les mois de l'année: je décris enfin la maniere de faire marquer le quantieme du mois à ces ſortes de Montres.

J'entre, dans le Chap. XIX, dans tous les détails de pratique dont je me ſers pour tailler, auſſi parfaitement qu'il eſt poſſible, les courbes d'équation d'une Montre ou d'une Pendule; enſuite de quoi je traite de l'utilité des Montres à équation.

Dans le Chap. XX, il eſt queſtion de l'uſage des Tables d'équation que j'ai placées à la fin du premier Volume: ces Tables ſont tirées des Ephémérides des Mouvements céleſtes de M. de la Lande. Il y a quatre Tables qui peuvent ſervir, ſans erreur ſenſible, pour plus d'un ſiécle pour les années communes & biſſextiles. J'explique dans ce Chapitre l'uſage de ces Tables pour régler les Horloges & les Montres, comme auſſi la maniere de régler une Horloge aſtronomique par les étoiles fixes.

Les Chap. XXI, XXII, XXIII & XXIV ſont des deſcriptions des échappements à repos (pour les Pendules & pour les Montres), à ancre, à roue de rencontre, & à double levier.

Il eſt queſtion dans le Chap. XXV, de la machine à fendre les roues de Montres & de Pendules. Comme il ne ſuffit pas de faire entendre la conſtruction des machines qui meſurent le temps, il eſt néceſſaire d'expliquer comment on parvient à exécuter ces machines. Pour cet effet, il falloit décrire les outils que les Artiſtes ont imaginés, ſoit pour abréger les opérations,

soit pour les rendre plus parfaites ; car c'est principalement à l'invention de ces instruments que l'Horlogerie est redevable de la perfection de la main-d'œuvre. C'est pour cette raison que j'ai fait dessiner les instruments les plus essentiels que l'on a imaginés jusqu'à présent ; & j'y ai été d'autant plus obligé que, contre ma premiere intention, je me suis déterminé à entrer dans les détails de pratique des Pendules & des Montres. Pour parvenir donc à ce but, je donne dans ce Chapitre la construction de la meilleure machine à fendre les roues qui soit à ma connoissance.

Je traite dans le Chap. XXVI, des propriétés de la fusée. Je donne le plan & la description de la meilleure machine à tailler les fusées que je connoisse. J'indique la maniere de tailler les fusées ; & enfin comment on les égalise.

Dans le Chap. XXVII, on verra la description de différents outils d'Horlogerie.

Je décris dans le Chap. XXVIII, un instrument que j'ai composé pour mesurer la force des ressorts de Montre, & pour pouvoir déterminer la pesanteur des balanciers : j'y traite aussi de l'exécution de cette espece de levier à égaliser les fusées.

Il est question dans le Chap. XXIX de l'outil d'engrenage, de la maniere de déterminer exactement la grosseur des pignons ; j'y donne les regles dont se servent les Ouvriers pour prendre la grosseur des pignons ; c'est-à-dire, pour donner au pignon le diametre convenable, pour que son engrenage avec la roue qui le mene soit bon.

Je décris dans le Chap. XXX, une Montre qui sonne les heures & les quarts ; qui répete d'elle-même les heures & les quarts à chaque quart ; l'on peut aussi faire sonner à cette Montre les simples quarts aux quarts quand on veut, &c ; c'est ce qu'on appelle une Montre à trois parties. Il y a fort long-temps que l'on

a imaginé ces ſortes de cadratures; mais elles étoient trop compliquées. Celle-ci, qui eſt de ma conſtruction, eſt plus ſimple; mais comme elle n'a point encore été exécutée, je ne puis décider ſi elle eſt préférable à celles dont on fait uſage, & dont on trouve la deſcription dans le Traité d'Horlogerie de M. Thiouſt.

Je traite dans le CHAP. XXXI, de quelques ſoins de conſtruction qu'exige l'exécution d'une Montre. Cet objet eſt traité dans toute ſon étendue dans la ſeconde Partie de cet Ouvrage.

On verra dans le CHAP. XXXII, l'examen des cauſes qui font arrêter ou varier les Montres. J'entre auſſi dans quelques détails ſur la maniere de réparer les défauts d'une Montre.

J'examine dans le CHAP. XXXIII, les cauſes de variation, &c, des Horloges à Pendule.

Je préſente dans le CHAP. XXXIV, quelques réflexions ſur la maniere d'eſtimer les nouvelles productions des Artiſtes Horlogers.

Je donne dans le CHAP. XXXV, la conſtruction des Barometres & Thermometres à aiguille.

Le CHAP. XXXVI traite des opérations de la main-d'œuvre pour l'exécution des pieces d'Horlogerie.

Ce Chapitre qui eſt le dernier de la premiere Partie, occupe lui ſeul plus de la moitié du premier Volume. J'y entre dans tous les détails d'exécution d'une Horloge à répétition, priſe dans la matiere brute; & je la conduis au point d'être entiérement finie. Je ne me ſuis pas contenté de détailler toutes les opérations requiſes pour la fabrication du mouvement d'une Horloge: j'ai auſſi traité des opérations néceſſaires pour l'exécution du cadran, du reſſort moteur, &c: la diviſion que je donne ici de ce Chapitre (qui auroit dû faire une troiſieme Partie du Livre) indiquera en gros les objets qu'il comprend.

Division du Chapitre XXXVI.

I. Du plan du mouvement de l'Horloge.

Il eſt queſtion dans cette premiere Diviſion de tracer le plan ou calibre du mouvement: on indique les précautions à prendre; & l'on donne des regles pour trouver les nombres de dents des roues & des pignons du rouage.

II. De l'exécution du rouage de l'Horloge à répétition.

1°, Maniere de monter la cage. 2°, Maniere d'exécuter les roues: on explique dans cette Section, les dimenſions à donner aux roues; la maniere de les tourner, de les fendre & de les croiſer. 3°, Maniere de monter le barillet, & faire l'encliquetage du mouvement. 4°, De l'exécution des pignons, & de la maniere d'aſſembler le rouage. 5°, Des dentures; de la maniere de former les engrenages ſur l'outil, & de mettre les roues en cage.

III. Des diſpoſitions requiſes pour tracer le plan de la cadrature & des aures pieces de la répétition.

IV. De la main-d'œuvre de la cadrature & autres parties de la répétition.

V. De l'emboîtage du mouvement.

VI. Opérations requiſes pour exécuter un cadran d'émail.

1°. Faire la plaque du cadran. 2°, De l'émail; maniere de le préparer pour l'employer. 3°, Préparation de la plaque du cadran avant de la charger d'émail, & comment on place l'émail, &c. 4°, Du fourneau pour paſſer le cadran au feu. 5°, De l'arrangement du charbon & de la moufle. On explique, dans cette Section, comment il faut paſſer le cadran au feu, le peindre & le finir.

VII. Ajuſter les aiguilles.

1°, Maniere de dorer les aiguilles en or moulu. 2°, Préparation de l'or. 3°, Préparation des aiguilles pour y appliquer l'or, & comment on acheve la dorure.

VIII. De l'ajuſtement du timbre & des marteaux.

IX. De l'exécution du reſſort moteur de l'Horloge.

1°, De l'acier que l'on emploie pour faire les reſſorts de Pendules:

de la maniere de forger ces resſorts. 2°, Forger le resſort à froid. 3°, Préparation pour la trempe du resſort; maniere de le tremper & de le faire revenir; de le planer & de le viſiter pour égaliſer la lame; de le dreſſer & polir, de le bleuir, &c. 4°, Plier le resſort en ſpiral. 5°, Faire les crochets de l'arbre & du barillet pour le resſort. 6°, Éprouver le resſort.

X. De l'échappement de l'Horloge.

De la maniere de l'exécuter pour le rendre iſochrone. Du régulateur. 1°, Faire la tige d'échappement qui porte l'ancre; le coq d'échappement, & l'avance ou retard. Remarque ſur la longueur à donner à la fourchette. 2°, Fendre la roue d'échappement, en achever les dents & finir les croiſées. 3°, Tracer l'ancre pour former l'échappement. 4°, De l'exécution de l'ancre d'échappement. 5°, De l'exécution du pendule.

XI. Faire marcher en blanc le mouvement de l'Horloge, & la régler.

Examen du rapport de la peſanteur du régulateur à la force motrice: l'Horloge ainſi réglée en blanc, on en démontre le mouvement pour le polir; & on le remonte ſelon les méthodes & précautions que j'ai indiquées.

XII. De l'exécution de l'échappement à repos, applicable à une Horloge à pendule.

Je ne me ſuis pas contenté dans ce Chapitre d'entrer dans les plus petits détails de pratique & de conſtruction, j'ai marqué toutes les dimenſions de chaque partie de la machine: c'eſt en faveur des Amateurs de l'Horlogerie que j'ai principalement écrit ce Chapitre: il pourra encore être utile à certains Ouvriers.

Ce Chapitre eſt ſuivi de quatre Tables d'équation pour les années moyennes & biſſextiles; d'une cinquieme Table de l'accélération des étoiles fixes; & enfin d'une Table des Planches, qui indique le numéro du Livre, dans lequel les figures de ces Planches ſont expliquées.

SECONDE PARTIE.

POUR parvenir à établir une théorie ſur les machines qui meſurent le temps, objet de ma ſeconde Partie, je commence

dans le CHAP. Ier, par démontrer les loix de l'équilibre dans un ſimple levier. Ce principe établi, je m'en ſers pour entendre comment les roues qui ne ſont que des compoſés de leviers, agiſſant les unes ſur les autres, ſe tranſmettent la force de l'agent qui les meut ; & quelle eſt la loi de leurs révolutions. C'eſt le but du CHAP. II. J'y conſidere le même levier en action ſur un ſecond levier. On eſtime les vîteſſes qu'ils tendent à parcourir par un mouvement imprimé, &c ; quelles ſont leurs forces : on fait voir qu'en traçant des cercles par les points de contact, & en imaginant pluſieurs dents ou rayons, ces cercles deviennent des roues & pignons, d'où il ſuit : 1°, que les révolutions du pignon ſont à celles de la roue, comme la longueur du levier de la roue eſt à la longueur du levier ou dent de pignon ; ou, ce qui revient au même, comme la circonférence de la roue eſt à la circonférence du pignon : 2°, que pour l'équilibre, les maſſes appliquées aux roues & pignons doivent être en raiſon inverſe des vîteſſes : 3°, on fait voir que le nombre de révolutions pour une de la roue qui le mene, étant donné, on peut faire indifféremment le pignon de 4, 8, 12, 15 dents, pourvu que le nombre des dents de la roue ſoit toujours à celui du pignon, comme le nombre des révolutions du pignon eſt à celui de la roue ; alors les vîteſſes étant les mêmes, les forces communiquées ne changeront pas.

Dans le CHAP. III, je donne, d'après les principes établis dans les deux premiers Chapitres, des regles pour meſurer d'une maniere générale, les forces tranſmiſes par une roue d'un rouage quelconque à une autre roue du même rouage.

Je fais voir dans le CHAP. IV, la néceſſité de faire tranſmettre d'une maniere uniforme, la force du moteur à la derniere roue qui communique au régulateur. Cela me conduit à l'examen des conditions requiſes, pour qu'une roue qui mene un pignon le faſſe d'une maniere uniforme. C'eſt l'objer du CHAP. V,

dans lequel je démontre par une nouvelle méthode les courbures des dents, des roues & pignons: je donne enſuite des regles pour tracer ces courbes.

Je préſente dans le Chap. VI, une méthode facile pour calculer des roues ou rouages quelconques, ſans employer les fractions, & pour trouver le nombre des dents que l'on doit mettre aux roues d'échappement, relativement à la longueur du pendule. J'ai vu très-ſouvent des Ouvriers embarraſſés pour ces ſortes de calculs, tout ſimples qu'ils ſont; & c'eſt en leur faveur que je donne les Chap. VI & VII: ce dernier a le même objet, mais c'eſt par les fractions.

Comme il ne ſuffit pas de pouvoir calculer les rouages qui ſont faits, il eſt eſſentiel de donner des méthodes propres à trouver facilement les nombres de dents qu'il faut donner aux roues & pignons d'un rouage que l'on veut exécuter, & dont les effets ſont donnés: c'eſt l'objet du Chap. VIII.

Le Chap. IX traite des loix du pendule ſimple: j'y donne la réſolution de deux problêmes: le premier pour trouver le nombre de vibrations qu'un pendule donné fait par heure; le ſecond, pour que le nombre de vibrations étant donné, on puiſſe trouver la longueur du pendule: j'en ai fait uſage pour calculer la Table des longueurs des pendules que j'ai placée à la fin du ſecond Volume. J'explique encore dans ce Chapitre l'uſage de cette Table.

Le Chap. X traite des propriétés du pendule ſimple.

Le pendule eſt le plus parfait régulateur que l'on ait pu juſques ici à adapter une Horloge; cependant il éprouve divers obſtacles qui dérangent l'iſochroniſme de ſes vibrations. Car, 1°, le point qui ſuſpend le pendule éprouve un frottement qui altere la vîteſſe de ſes vibrations, & par conſéquent l'iſochroniſme; 2°, la lentille eſt obligée de déplacer à chaque vibration l'air qui l'environne; ce qui produit une réſiſtance qui

varie comme la pesanteur de l'air. 3°, Tous les corps sont susceptibles d'extension par la chaleur, & de contraction par le froid ; ainsi la verge qui supporte la lentille d'un pendule changeant de longueur, les vibrations de ce pendule en sont accélérées ou retardées. 4°, Un pendule qui décrit de plus grands ou de plus petits arcs, ne fait pas ses vibrations dans le même temps. Si donc la force qui entretient le mouvement du pendule n'est pas constante, l'Horloge où ce régulateur est appliqué, varie par l'inégalité de cette force. Enfin l'échappement est encore un obstacle à l'isochronisme des vibrations du régulateur ; car on n'a pas encore pu parvenir à avoir un échappement qui eût la propriété de rendre isochrones ses vibrations, ensorte que l'Horloge avance ou retarde par l'augmentation de la force motrice, & selon la nature de l'échappement ; & quand même on parviendroit pour le moment actuel à avoir un échappement isochrone il ne conserveroit une telle propriété, qu'autant de tems que son frottement resteroit le même. Pour parvenir à réduire, autant qu'il est possible, ces différents obstacles, qui s'opposent à l'isochronisme des vibrations du régulateur, je me suis arrêté sur chacune de ces parties, après avoir parlé des propriétés du pendule simple ; propriétés qui sont détruites dès que le pendule est appliqué à l'Horloge. Il a donc fallu avoir recours aux expériences pour fixer les limites de la théorie. Ces détails sont l'objet de plusieurs Chapitres.

Chap. XI. De la maniere la plus avantageuse de suspendre un pendule pour lui faire conserver long-temps le mouvement imprimé. Description de la machine dont je me suis servi pour ces Expériences, & pour celles de la résistance de l'air.

En partant d'après ces Expériences, j'ai trouvé la suspension à couteau préférable à celle à ressort. J'entre ensuite dans les détails d'exécution de cette suspension.

Je démontre dans le Chap. XII, que plus une lentille sera pesante

pesante & mince, & plus la résistance de l'air sera petite.

On verra dans le Chap. XIII, le détail des expériences, que j'ai faites avec un pendule libre qui se meut dans l'air.

J'ai fait vibrer librement un pendule ayant une lentille mince & ensuite le même pendule avec une boule de même poids que la lentille : celle-ci a conservé son mouvement plus de temps que la boule : l'expérience est d'accord avec le raisonnement. Je fais voir les limites d'une lentille pesante à cause de l'affaissement qu'elle produit à la suspension.

Je me sers des expériences rapportées dans ce Chapitre sur les résistances de l'air, pour calculer dans les Chapitres XIV & XV la quantité de force requise pour entretenir le mouvement d'un pendule, soit qu'il décrive de grands ou de petits arcs: je fais la comparaison des quantités de mouvements du pendule lorsqu'il décrit de grands ou de petits arcs; j'en conclus la préférence que l'on doit donner aux petits arcs, j'en tire des regles applicables à des régulateurs quelconques, & j'établis des limites pour les petits arcs. Je tire de-là cette regle générale applicable à un régulateur quelconque; c'est que *plus la quantité de mouvement sera grande, relativement à la force requise pour en entretenir le mouvement, & plus ce régulateur sera capable de rendre nuls les effets de l'air, des frottements*, &c.

Le Chap. XVI traite des pendules qui sont mus par l'action inégale d'un ressort. Je fais voir comment les oscillations du pendule libre different de celles du pendule appliqué à l'Horloge; & comment les oscillations, dans ce dernier cas, sont accélérées ou retardées par une force motrice, variable selon la nature de l'échappement: ceux à repos sont retardés par l'augmentation de force motrice; & le contraire arrive à ceux qui ont beaucoup de recul.

Je décris dans le Chapitre XVII une machine, que j'ai construite pour faire des expériences sur les échappements; &

je rapporte plusieurs expériences qui confirment le raisonnement que j'ai établi sur cette matiere dans le CHAP. XVI.

J'ai exécuté un échappement qui a la propriété de rendre isochrones les oscillations du pendule; mais, selon la remarque du CHAP. XVI, la courbe d'un échappement doit varier (pour avoir cette propriété), selon la pesanteur de la lentille, l'étendue des arcs, &c.

MM. Saurin & Julien le Roy ont traité cette matiere des échappements dans les Mémoires de l'Académie (année 1720). Enderlin, Traité d'Horlogerie de M. Thiout, en a aussi écrit. Dans le temps que je faisois mes expériences, je ne connoissois pas le travail de ces MM., aussi nos recherches n'ont-elles autre chose de commun que l'objet que nous proposions.

Je traite dans le CHAP. XVIII, de la dilatation & de la contraction des métaux par le chaud & par le froid; je fais voir les effets que cela produit dans les Horloges à pendule.

Je donne dans le CHAP. XIX la description d'un instrument que j'ai composé pour faire des expériences sur la dilatation & la contraction des métaux: (cet instrument s'appelle *Pyrometre*).

Je rapporte dans le CHAP. XX, le précis des expériences que j'ai faites pour mesurer la dilatation des métaux par un même degré de chaleur. J'y ai ajouté une Table de leur dilatation. Les métaux se dilatent différemment, lorsqu'ils ne sont pas chargés de poids.

Après être parvenu à connoître les effets du chaud & du froid sur les métaux, j'ai pu estimer les écarts que la température cause aux Horloges à pendule: c'est ce qu'on verra dans le CHAP. XXI. Je démontre que les écarts produits par la même différence de température sont les mêmes dans des Horloges qui ont de longs ou de courts pendules.

Je traite dans les CHAP. XXII & XXIII, de la construction de plusieurs sortes de verges composées pour compenser les

effets du chaud & du froid ; & je donne les calculs néceſſaires pour parvenir à déterminer les dimenſions de ces ſortes de verges, pour que la compenſation ait lieu. J'expoſe enſuite les obſtacles que la peſanteur de la lentille oppoſe à la compenſation ; & je parle enfin des moyens de les prévenir.

Après avoir fait diverſes expériences ſur le pendule, j'ai cru être en état de travailler à l'exécution d'une bonne Horloge aſtronomique. J'en ai conſtruit une dont je donne la deſcription dans le Chap. XXIV ; cette Horloge va un an ſans remonter. J'ai employé, pour doubler ſa marche, un moyen aſſez ſimple, dont j'ai fait voir la conſtruction à l'Académie Royale des Sciences en 1752. Cette Horloge a une ſonnerie particuliere que j'ai imaginée pour faire ſonner les ſecondes, afin que l'Obſervateur ayant l'œil à l'inſtrument, puiſſe compter exactement l'inſtant du paſſage de l'aſtre, ſans être obligé de regarder l'Horloge. Ce méchaniſme eſt indépendant du mouvement de l'Horloge dont il ne peut troubler la marche. Pour réduire les frottements du rouage de cette Horloge autant qu'il a été poſſible, j'ai fait de fort petites roues légeres, dont les pivots ſont petits, & qui roulent ſur leurs pointes, pour éviter le frottement des portées.

Après avoir traité des parties les plus eſſentielles des Horloges à pendule, j'ai entrepris de parcourir tout ce qui peut contribuer à la juſteſſe des Horloges portatives, & à établir une théorie ſur les Montres. Pour cet effet, je commence dans le Chap. XXV, par examiner le balancier ſimple ſans ſpiral : & je fais voir que, comme il n'a par lui-même aucune tendance à ſe mouvoir, il eſt ſuſceptible de toutes les impreſſions de l'agent qui le meut.

Je poſe dans le Chap. XXVI, pluſieurs propoſitions ſur le reſſort ſpiral ; & je fais voir, qu'après avoir été adapté au balancier, malgré la tendance qu'a le ſimple ſpiral à faire des

oſcillations iſochrones, lorſqu'il eſt appliqué au balancier, il ſe meût cependant avec une vîteſſe compoſée de l'inertie du balancier & de ſa force; enſorte que les grandes ou petites oſcillations du balancier ne ſont point iſochrones, &c.

Je fais voir dans le Chap. XXVII, que, de même que dans les Horloges à pendule, plus le balancier ſimple réglé par le ſpiral, qui aura été mis en mouvement, conſervera long-temps ce mouvement, & plus il aura la propriété de régulateur.

Les principes & les propoſitions que je démontre dans le Chap. XXVIII, ſervent à établir la théorie du régulateur des Montres: j'y traite du poids des balanciers, de leurs diametres, du nombre des vibrations, &c.

Je parle des frottements des pivots dans le Chap. XXIX; des effets de l'huile que l'on met à ces pivots pour en adoucir le frottement. Je fais voir que les frottements changent, ſelon la mobilité de l'huile, ſoit par le chaud, ſoit par le froid, ſoit autrement. Je prouve auſſi que la force détruite par l'action du froid ſur l'huile eſt d'autant plus grande, que la force de mouvement d'un balancier ou d'une roue eſt petite; d'où il ſuit que les montres qui vont un mois ſont plus ſuſceptibles de variation par le chaud & par le froid. Je fais voir que ce n'eſt pas la quantité abſolue des frottements qui eſt le plus à craindre dans une Horloge, mais bien les frottements qui varient; enfin j'indique comment on peut parvenir à rendre les frottements conſtants.

J'établis deux propoſitions dans le Chap. XXX, qui me ſervent à rendre raiſon de tous les écarts des Montres par le chaud & par le froid; la nouvelle théorie que j'ai établie à l'aide d'une analyſe très-délicate, m'a conduit à trouver le moyen de compenſer tellement les effets du chaud & du froid ſur une Montre, que je puis réduire à zéro les écarts de ces machines. Je fais voir que les Montres doivent toute leur juſteſſe aux frottements; & que c'eſt un vice de la machine miſe en oppoſition à un autre vice, qui en fait la compenſation.

Je rapporte dans le Chap. XXXI, plusieurs expériences que j'ai faites pour vérifier les principes que j'ai établis sur les effets du chaud & du froid sur les Montres ; j'entre dans beaucoup de détails sur cette matiere qui est intéressante & nouvelle.

Dans le Chap. XXXII, je traite des effets des échappements à repos & à roue de rencontre pour les Montres. L'échappement à repos ne corrige nullement les inégalités de la force motrice ; son frottement est très-nuisible ; la Montre varie selon ce frottement, qui est un obstacle à la compensation du chaud & du froid.

On verra dans le Chap. XXXIII, des principes sur les forces de mouvement des balanciers.

Je donne dans le Chap. XXXIV, la maniere de calculer la pesanteur que doit avoir un balancier, & les arcs qu'il doit décrire, pour qu'il soit dans le rapport convenable avec le moteur; ou si le régulateur est donné, le moyen de trouver la force du moteur, &c.

Je traite du ressort moteur d'une Montre dans le Chap. XXXV. Je fais voir que plus les ressorts emploient de temps à se débander, & plus ils perdent de leur force.

Je donne dans le Chap. XXXVI, la description d'une Montre à secondes concentriques, qui est de ma façon.

Le Chap. XXXVII contient la description d'une Montre à huit jours, & à deux balanciers.

L'Horloge astronomique décrite Chap. XXIV, n'ayant pas approché aussi près que je le desirois du but que je m'étois proposé, j'ai travaillé à en construire une nouvelle dans laquelle j'ai rassemblé tout ce que l'étude & l'expérience ont pu m'apprendre jusqu'à ce jour ; aussi puis-je me flatter qu'elle est portée à un point de perfection très-supérieure à tout ce que j'ai exécuté & composé dans ce genre.

Cette Horloge est l'objet des Chap. XXXVIII & XXXIX ; j'entre dans le détail de plusieurs expériences que j'ai faites pour

conduire le pendule & sa suspension aussi près du but qu'il m'a été possible : j'y ait joint la sonnerie des secondes, dont le principe est le même que celui de la sonnerie de ma premiere Horloge astronomique ; mais elle est perfectionnée.

Je fais voir dans le CHAP. XL, de quelle utilité est l'Horlogerie pour la Marine.

Après avoir travaillé avec quelques succès à la perfection des Horloges astronomiques & à celle des Montres, j'ai été encouragé à former le projet de faire servir cet art au progrès de la Navigation; projet que j'avois conçu long-temps avant d'être en état de le mettre en exécution ; car j'ai déposé à l'Académie Royale des Sciences dès 1754, le plan cacheté d'une Horloge de mer : il est resté ainsi sous le cachet, ne l'ayant pas fait ouvrir : j'avois fait un nouveau plan depuis fort long-temps, & j'ai commencé à le mettre en exécution dès la fin de 1760 ; & j'en ai terminé l'exécution au commencement de l'année suivante ; mais j'y ai fait depuis plusieurs corrections ; & après des peines infinies, je me flatte de l'avoir amené à un degré de perfection, qu'à peine pouvois-je espérer d'atteindre. Une pareille machine peut être d'une trop grande utilité à la Navigation pour ne devoir pas être rendue publique. Et quand même elle ne rempliroit pas le but que je m'étois proposé, elle peut du moins servir à fournir des idées sur une matiere aussi essentielle, & à laquelle plusieurs Nations ont attaché des récompenses, & sur-tout la Nation Anglaise *. Quant à moi la récompense la plus agréable seroit d'avoir rempli mon objet, & d'être par-là utile à l'humanité. Je n'attends, pour en faire l'essai en mer, que des circonstances plus favorables.

Mes travaux sur les Horloges marines sont l'objet de quatre Chapitres.

* Mon Horloge marine étoit déja exécutée, lorsque j'ai appris qu'un Horloger de Londres travailloit depuis long-temps sur le même objet. J'ignore par quelle voie il a tenté ces recherches. Quant à moi, je n'ai suivi, dans tous mes travaux, qu'une impulsion naturelle. Je puis m'être rencontré avec d'autres Artistes ; mais je n'ai jamais cherché à copier qui que ce soit pour m'en attribuer l'honneur.

Dans le CHAP. XL, je donne, d'après M. Bouguer, une notion des longitudes & de leur utilité en mer ; de l'ufage de l'Horlogerie pour découvrir les longitudes. Pour donner une notion plus étendue des moyens que l'on peut employer à la recherche des longitudes, j'ai tranfcrit dans le même Chapitre un article des Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de 1722, qui eft l'extrait d'un écrit plus étendu de M. Caffini.

Le CHAP. XLI traite des principes que j'ai fuivis pour la compofition d'une Horloge marine. Ce Chapitre contient encore le plan de toute cette machine. J'entre dans tous les détails qui ont précédé l'exécution de l'Horloge : ce plan eft auffi dépofé au Secrétariat de l'Académie.

Cette Horloge marine eft décrite dans le CHAP. XLII.

Le CHAP. XLIII contient des détails de main-d'œuvre, & des expériences faites avec l'Horloge marine.

Je propofe dans le CHAP. XLIV, la conftruction d'une Horloge marine plus fimple & moins coûteufe que celle que j'ai exécutée. Je fuis parvenu à trouver le moyen d'appliquer un poids pour moteur de cette machine. Je décris toutes les parties effentielles de cette Horloge ; je termine ce Chapitre par la defcription & le plan d'une troifieme conftruction d'Horloge marine que je crois encore préférable à la feconde.

Le CHAP. XLV contient quelques obfervations & des expériences relatives aux Horloges Aftronomiques : la defcription & les dimenfions d'un pendule compofé que j'ai conftruit ; une méthode de prendre exactement l'heure du temps moyen par le paffage du foleil au méridienn.

J'ai réuni dans le CHAP. XLVI, en forme d'additions, plufieurs chofes importantes concernant la conftruction des Montres : 1°, fur le calcul des pefanteurs du balancier : 2°, la defcription d'un compas propre à mefurer exactement les groffeurs des pivots : 3°, fur les réfiftances des huiles, pour la compenfation du chaud & du froid fur le fpiral : 4°, une propofition fur la

compenſation : 5°, les dimenſions d'une Montre à demi-ſecondes, dont l'échappement eſt à cylindre : 6°, ſur les frottements du cylindre : 7°, des remarques ſur la maniere de rendre les frottements conſtants : 8°, deſcription d'une machine à fendre toutes ſortes de roues de Montres ; ſavoir, roues plates, rochet, roues de rencontre enarbrées, & pour tailler les roues de cylindre : 9°, ſur l'exécution de l'échappement à cylindre, & ſur un outil propre à égaliſer les roues de rencontre.

Enfin, pour terminer cet Ouvrage, je traite dans le CHAP. XLVII & dernier, de la conſtruction & de l'exécution d'une bonne Montre à roue de rencontre ; & je fais concourir tout ce qui peut la porter à ſon plus grand point de perfection. J'entre dans tous les détails de conſtruction, & dans les plus eſſentiels de l'exécution. Après des obſervations préliminaires pour ſervir à la conſtruction de la Montre, & pour tracer le plan ou calibre de cette machine, je donne la deſcription de cette Montre, & je finis par les détails d'exécution.

On trouvera à la fin de la ſeconde Partie de mon Ouvrage ; 1°, une Table des longueurs des Pendules, dont l'uſage eſt expliqué, Chap. IX ; 2°, une Table générale des Matieres qui y ſont contenues. Je donne dans cette Table la définition de quelques mots propres à l'Art, & qui ne ſe trouvent point dans le cours du Livre ; quant à ceux qui ſont définis dans le texte, je renvoie aux Articles mêmes.

J'ai cru qu'il étoit convenable de donner une Table particuliere des figures des Planches : elle ſervira à indiquer les articles du Livre, relatifs à ces figures ; de ſorte qu'en parcourant ces Planches, ſi l'on tombe ſur des machines dont on voudroit dans le moment connoître l'uſage, on pourra ſe ſatisfaire par ce moyen, parce qu'on trouvera dans cette Table le n° du livre dans lequel il en eſt fait mention.

L'expoſition ſuccinte & rapide que je viens de faire de mon

Ouvrage

Ouvrage, ne m'a pas permis d'entrer dans de plus grands détails ſur tout ce qui y eſt contenu : j'invite le Lecteur à le parcourir avec attention avant d'en porter un jugement. J'ai fait tous mes efforts pour rendre mon Livre utile à cette partie des Arts. Il me reſte à dire deux mots ſur la forme que j'ai donnée à ce Livre, & ſur la maniere dont il eſt écrit.

On trouvera ſans doute beaucoup de négligences, des longueurs, des répétitions, un ſtyle fort inégal; ce qui ne peut manquer d'arriver à un Ouvrage continuellement interrompu par le travail & la diſtraction des affaires domeſtiques. Mais ſi d'ailleurs il a quelque mérite, j'eſpere que l'on excuſera ces défauts. On doit ſur-tout obſerver qu'un Artiſte doit avoir peu de temps à donner au travail du cabinet. Il ſuffit, me ſemble, qu'un Artiſte qui écrit puiſſe être entendu de ſon Lecteur. Je me ſuis perſuadé qu'il valoit encore mieux publier mon Livre, quoiqu'avec des défauts, que de le tenir renfermé pour mon ſeul uſage. Si quelques Mathématiciens trouvent que j'aurois pu ſupprimer beaucoup de détails, ils doivent faire attention que cet Ouvrage n'eſt pas fait pour ceux qui ſavent, mais qu'il eſt uniquement deſtiné aux Artiſtes, aux Ouvriers & aux Amateurs : je ſais ce qui manque à ceux-ci, & de quelle néceſſité il eſt de les conduire par gradation dans le chemin de la perfection.

On trouvera peut-être auſſi, que pluſieurs des Planches de ce Livre ſont trop étroites pour le format que j'ai employé; mais lorſque j'ai commencé à les faire graver, mon deſſein n'étoit que de faire un volume *in*-8°, dans lequel je me reſtreignois à donner les premieres notions des Machines d'Horlogerie : je réſervois les matériaux que j'avois raſſemblés, pour faire un Livre qui devoit traiter des principes; mais j'ai préféré de réunir le tout dans un ſeul ouvrage. J'eſpere qu'on paſſera ſur ce léger défaut des Planches, en faveur des ſoins que j'ai

employés pour les faire dessiner (*a*) & graver (*b*).

Cet Ouvrage doit beaucoup au célebre Astronome que nous venons de perdre. M. l'Abbé de la Caille a lu mon Manuscrit. Il y a fait lui-même plusieurs corrections, & m'en a indiqué beaucoup d'autres : je n'ai pas pu en marquer toute ma reconnoissance à cet homme respectable. Il obligeoit, sans vouloir qu'on s'en apperçût : la mort qui l'a enlevé trop tôt pour le bien de la société, ne me laisse que des regrets.

Je n'ai pas traité dans cet Ouvrage de la maniere de gouverner les Pendules & les Montres ordinaires ; parce que j'ai publié en 1759, un petit Livre sur cette matiere. Il a pour titre : *l'Art de conduire & de régler les Pendules & les Montres, à l'usage de ceux qui n'ont aucune connoissance d'Horlogerie.* Nous renvoyons à ce Livre (*c*) qui a été contrefait en Hollande.

(*a*) Tous les desseins de ce Livre ont été faits par M. Goussier, un des Auteurs de l'Encyclopédie : cet Artiste ne possede pas seulement le talent du Dessin, il joint encore beaucoup de connoissances de Mathématiques, de Physique & des Arts, & une intelligence particuliere des Machines, Manufactures, &c. Il enseigne aussi les Mathématiques : je conseille à ceux qui voudront s'instruire de ces différentes parties, de faire usage des talents de cet habile homme.

(*b*) M. Choffard, qui a gravé les Planches de ce Livre, ne borne pas ses talents à graver des machines, il excelle sur-tout dans la partie de l'Architecture, de l'Ornement, &c.

(*c*) Ce petit Ouvrage est divisé en XV Articles. On définit dans le premier ce qui concerne la mesure du temps ; comment il est divisé : on explique ce que c'est que le temps vrai & le temps moyen. Le second contient l'explication du méchanisme d'une Horloge à pendule, comment & par quels principes ces machines mesurent le temps. On explique dans le troisieme Article le méchanisme d'une Montre. On traite dans le IVe. Art. des causes de la justesse des Pendules ; du temps que ces machines mesurent ; du degré de justesse qu'on en peut espérer. L'Art. V traite des causes des variations des Montres ; du degré de justesse qu'on peut attendre de ces machines. On fait voir dans le VI Art. comment une Montre, qui n'est pas réglée, differe de celle qui varie. On fait connoître dans l'Art. VII, comment on peut vérifier la justesse d'une Montre. On verra dans l'Art. VIII, qu'il est nécessaire que chaque personne conduise sa Montre, qu'il la regle, & la remette à l'heure tous les huits jours. On traite Art. IX, de l'usage du spiral ; comment on doit toucher à l'aiguille de rosette d'une Montre pour la régler. L'Art. X contient la maniere de régler les Pendules. L'Art. XI, comment il faut régler les Pendules & les Montres par le passage du Soleil au Méridien. L'Art. XII donne la maniere de tracer des lignes méridiennes propres à régler les Pendules & les Montres. L'Art. XIII fait connoître comment on peut acquérir de bonnes Pendules & Montres. On traite dans l'Art. XIV, des moyens de conserver les Montres. Le dernier Article contient le précis des regles qu'il faut suivre pour couduire & régler les Pendules & les Montres. Ce Livre se vend à Paris, chez *Michel Lambert, Libraire, rue de la Harpe*, chez *J. Cl. Jombert, rue Dauphine, à la belle Image*, chez *Musier, fils, quai des Augustins*, & chez *l'Auteur, rue de Harlay.*

DISCOURS PRÉLIMINAIRE
SUR L'HORLOGERIE,

SON origine, ses progrès, son état actuel, les talents requis, & les connoissances qu'il faut réunir pour posséder cette Science.

L'ART de mesurer le temps a dû faire l'objet des recherches des hommes dans les siecles les plus reculés, puisque cette connoissance est d'une si grande nécessité pour régler les actions de la vie.

Cependant il ne paroît pas que les Anciens ayent eu aucune connoissance de l'Horlogerie, à moins que l'on ne veuille appeller de ce nom l'art de tracer les Cadrans solaires, de faire des *Clepsydres* ou Horloges d'eau, des Sabliers, &c.

Il est vraisemblable que les premiers moyens que l'on a mis en usage pour mesurer le temps, ont été les révolutions journalieres du soleil: ainsi le temps qui s'écoule depuis le lever du soleil jusqu'à son coucher, fit une mesure qui fut appellée un *jour*; & le temps compris depuis le coucher du soleil jusqu'à son lever, fit la *nuit*. On dut bien-tôt s'appercevoir qu'une telle mesure étoit défectueuse, puisque les jours ainsi partagés se trouvoient plus longs en été qu'en hiver. Il paroît (*a*) que l'on s'est servi ensuite pour cette mesure, du temps qui s'écoule depuis le point de la plus grande élévation du soleil au-dessus de l'horizon (point du midi) jusqu'au retour de cet astre au même point. Mais comme les besoins des hommes augmenterent à mesure qu'ils devinrent plus instruits, cela les obligea à chercher des divisions du temps qui fussent plus petites. Ils diviserent (*b*) donc le temps qui s'écoule entre deux midis, c'est-à-dire, une révolution du soleil, en 24 parties ou heures. De-là l'origine des Cadrans solaires,

(*a*) Les Babyloniens ont compté d'un lever du soleil à l'autre; les Juifs & les Romains, &c, d'un coucher à l'autre.

(*b*) Les Romains avoient partagé la nuit en quatre partie égales appellées *veilles*; & le jour en 12 heures, &c.

dont les heures ſont marquées par le paſſage de l'ombre du ſoleil ſur des lignes. Voilà en gros l'origine de la meſure du temps par le mouvement du ſoleil. On voit que cette maniere étoit ſujette à bien des difficultés : on ne pouvoit ſavoir l'heure pendant la nuit, ni lorſque le ſoleil étoit caché par des nuages. C'eſt ce qui a donné lieu à l'invention des Clepſydres ou Horloges d'eau, &c.

Cette derniere maniere de meſurer le temps, toute imparfaite qu'elle étoit, a ſervi aux hommes juſqu'à la fin du dixieme ſiecle, qui eſt l'époque de l'invention des Horloges, dont le mouvement eſt communiqué par des roues dentées, la vîteſſe réglée par un balancier, l'impulſion donnée aux roues par un poids, & le temps indiqué ſur un cadran diviſé en 12 parties égales, par une aiguille portée par l'axe d'une roue. Cette aiguille fait un tour en 12 heures ; & deux tours depuis le midi d'un jour juſqu'au midi ſuivant.

Lorſque l'on fut ainſi parvenu à avoir de pareilles Horloges, dont les premieres conſtruites furent placées aux clochers des Egliſes, des Ouvriers adroits & intelligents enchérirent ſur cette découverte, en y ajoutant un rouage, dont l'office eſt de faire frapper avec un marteau ſur un timbre les heures indiquées ſur le cadran ; de ſorte que par le moyen de cette addition, on pouvoit ſavoir les heures de la nuit ſans le ſecours de la lumiere, ce qui devint d'une grande utilité, principalement pour les Monaſteres ; car il falloit, qu'avant l'invention des Horloges, les Religieux prépoſaſſent des gens pour obſerver les étoiles (*) pendant la nuit, afin d'être avertis des heures de leurs offices ; ce qui étoit très-incommode pour eux : auſſi attribue-t-on l'invention des Horloges à roues, à Gerbert, Moine de Fleury, qui fut enſuite Archevêque de Reims, puis de Ravenne, & enfin Pape, ſous le nom de Silveſtre III. On s'eſt ſervi juſqu'en 1650 de cette invention : (Voyez l'Hiſtoire de France de M. le Préſident Hénault, *Tome I. page* 126).

Quand on fut parvenu à avoir des Horloges de gros volume, on en conſtruiſit de plus petites pour l'uſage des appartements. Enfin d'habiles Ouvriers imaginerent de faire des Horloges portatives, auxquelles on a donné le nom de *Montres*. C'eſt à ce temps que remonte l'origine du reſſort ſpiral, dont l'action entretient le mouvement de la machine, & qui tient lieu du poids dont ont ſe ſert pour les Horloges ; car le poids ne peut être appliqué à une machine portative, continuellement expoſée à des mouvemens en différents ſents, qui troubleroient & en empêcheroient l'action. On fit auſſi des Montres à ſonnerie. C'eſt proprement à ces dernieres découvertes que commence l'Art de l'Horlogerie.

(*) Voyez le Traité des Horloges du P. Alexandre, page 15.

La justesse à laquelle ont parvint pour mesurer le temps, en se servant des Horloges & des Montres, étoit infiniment au-dessus de la justesse des Sabliers & Horloges d'eau; aussi faut-il avouer que c'est une des belles découvertes de ces temps-là. Mais elle n'étoit rien en comparaison de la perfection que l'Horlogerie acquit en 1657. Huighens, Mathématicien célebre, créa de nouveau cet Art, par les belles découvertes dont il l'enrichit; je veux dire, par l'application qu'il fit du *Pendule* aux Horloges pour en régler le mouvement; & quelques années après il adapta aux balanciers des Montres, un ressort spiral qui produisoit sur le balancier le même effet que la pesanteur sur le *pendule*. La justesse de ces machines devint dès-lors si grande par ces deux additions, qu'elle surpasse autant celle des anciennes Horloges, que celles-ci étoient au-dessus des clepsidres & horloges d'eau.

Huighens, après avoir appliqué le pendule aux Horloges, s'apperçut que les vibrations par les grands arcs du pendule, étoient d'une plus grande durée que les vibrations par les petits arcs; & que par conséquent l'action du poids sur le pendule venant à diminuer lorsque les frottements des roues seroient augmentés & les huiles épaissies, il arriveroit nécessairement que l'Horloge avanceroit. Pour vaincre cette difficulté, il chercha les moyens de rendre les oscillations du pendule *isochrones*, c'est-à-dire égales, quelle que fût l'étendue des arcs.

Pour cet effet il s'appliqua à rechercher une courbe dont la propriété réparât ce défaut: il parvint à en découvrir une qui remplissoit cet objet: c'est celle qu'on appelle la *Cycloïde*, qui est telle, que si on laisse tomber un corps de différentes hauteurs, la descente du corps sur cette courbe se fait toujours dans le même temps. En conséquence, il appliqua à l'endroit où le fil qui suspend le pendule est attaché, deux lames pliées en cycloïdes, entre lesquelles le fil passoit : ensorte qu'à mesure que le pendule décrivoit de plus grands arcs, & qu'il auroit dû faire l'oscillation en un plus grand temps, à mesure aussi le pendule s'accourcissoit, & son mouvement devenoit plus accéléré, & tellement que, soit que le pendule décrivît de plus grands ou plus petits arcs, le temps des oscillations étoit toujours le même.

Le pendule circulaire que l'on appelle *Pirouette*, est encore de l'invention du même Auteur. Ce pendule, au lieu de faire ses oscillations, dans un même plan, décrit au contraire un cône dont la base est horizontale : il tourne toujours du même côté, y étant obligé par l'action des roues. Ce pendule est composé de maniere qu'il peut parcourir de plus grands ou de plus petits arcs, selon que la force motrice agit plus ou moins; ensorte que les cônes que ce pendule

trace dans l'air, ont des bafes plus grandes ou plus petites, felon l'inégalité de la force motrice. Mais, quoique ce pendule décrive ainfi des cônes inégaux, cela ne change point le temps des révolutions du pendule; car foit que la force motrice foit foible, & que la force centrifuge du pendule lui faffe décrire un petit cône; ou foit que la force motrice venant à augmenter, la force centrifuge du pendule lui faffe alors parcourir un plus grand cercle, le temps des révolutions eft toujours le même, ce qui dépend de la propriété d'une certaine courbe fur laquelle s'applique le fil qui porte le pendule. Cet *ifochronifme* des révolutions du pendule circulaire eft fondé fur une théorie qui m'a toujours parue admirable, ainfi que celle de la cycloïde; & quoique l'on ne faffe plus ufage de l'une ni de l'autre méthode, on ne doit pas moins effayer d'en fuivre l'efprit dans la compofition des machines qui mefurent le temps; toute leur jufteffe ne pouvant être fondée que fur l'ifochronifme des vibrations d'un régulateur quel qu'il foit.

Ces inventions furent conteftées à Huighens, comme il le dit lui-même au commencement de fon livre intitulé : *de Horologio ofcillatorio.* Je rapporterai fes propres paroles.

« Perfonne ne peut nier qu'il y a feize ans on n'avoit, foit par » écrit, foit par tradition, aucune connoiffance de l'application du » *pendule* aux Horloges, encore moins de la cycloïde dont je ne » fache pas que perfonne me contefte l'addition. Or il y a feize ans » actuellement (en 1658) que j'ai publié un Ouvrage fur cette ma- » tiere, dont la date de l'impreffion differe de fept années celle » des écrits où cette invention eft attribuée à d'autres. Quant à ceux » qui cherchent à en attribuer l'honneur à Galilée, les uns difent » qu'il paroît que ce grand homme avoit tourné fes recherches de ce » côté; mais ils font plus, ce me femble, pour moi que pour lui, en » avouant tacitement qu'il a eu dans ces recherches moins de fuccès » que moi; d'autres vont plus loin, & prétendent que Galilée ou » fon fils, a effectivement appliqué le pendule aux Horloges. Mais » quelle vraifemblance y a-t-il qu'une découverte auffi utile, non » feulement n'eût point été publiée dans le temps même où elle a été » faite, mais encore qu'on eût attendu pour la revendiquer huit ans » après la publication de mon Ouvrage. Dira-t-on que Galilée pou- » voit avoir quelque raifon particuliere pour garder le filence pen- » dant quelque temps. Dans ce cas, il n'eft point de découverte qu'on » ne puiffe contefter à fon Auteur.... »

L'application de la cycloïde aux Horloges, toute admirable qu'elle eft dans la théorie, n'a pas eu le fuccès que M. Huighens s'en étoit

promis la difficulté de tracer exactement une telle courbe a dû y contribuer. Mais la principale cause dépend de ce qu'elle exigeoit que le pendule fût suspendu par un fil flexible; or ce fil étoit susceptible des effets de l'humidité & de la sécheresse; & d'ailleurs il ne pouvoit supporter qu'une lentille légere, qui en parcourant de grands arcs, éprouvoit une grande résistance de l'air, les surfaces étant d'autant plus grandes que les corps sont plus petits. Or par ces raisons, cette lentille devenoit sujette à causer des variations à l'Horloge, & d'autant plus, que la force motrice qui entretient le mouvement de la machine devenoit plus grande, & produisoit de grands frottements. D'ailleurs toute la théorie de la cycloïde portoit sur les oscillations du pendule libre; c'est-à-dire, qui pût faire ses oscillations indépendamment de l'action réitérée d'un rouage: or un tel pendule ne peut servir que pendant quelques heures à mesurer le temps; & lorsqu'il est appliqué à l'Horloge, ses oscillations sont troublées par la pression de l'échappement qui en entretient le mouvement & selon la nature de l'échappement; c'est-à-dire, que selon que l'échappement est à repos ou à recul, les oscillations se font plus vîte ou plus lentement, comme nous le ferons voir. Mais quoique l'on ait abandonné l'usage de la cycloïde, la théorie que M. Huighens avoit établie n'en est pas moins admirable; & nous lui devons la perfection actuelle de nos Horloges à pendule, puisque c'est de cette théorie que nous avons appris que les petits arcs de cercle ne different pas sensiblement des petites portions de cycloïde; ensorte qu'en faisant décrire au pendule de petites arcs, les oscillations en seroient isochrones, quoique les arcs décrits par le pendule vinssent à augmenter ou à diminuer par le changement de la force motrice.

Le Docteur *Hook* fut le premier en Angleterre, selon *Derham*, qui fit usage des petits arcs; ce qui donna la facilité de faire en même temps usage des lentilles pesantes.

Le sieur *Clement*, Horloger de Londres, fit dans le même temps des Horloges à pendule qui décrivoient des petits arcs avec des lentilles pesantes. Ce principe a été suivi depuis ce temps par tous les Horlogers qui se sont appliqués à faire de bonnes machines. M. *le Bon* à Paris, a été un des premiers qui en ait fait usage; il fit même des lentilles de 50 à 60 livres pesant: c'est le même systême qu'a suivi de nos jours M. *de Rivaz*.

On peut juger de la perfection où l'on a porté la construction & l'exécution des Horloges astronomiques, par l'état où elles étoient, lorsque Huighens les imagina. Les premieres Horloges à pendule qui furent faites sur ces principes, alloient 30 heures, avec un poids de 6 livres, dont la descente étoit de 5 pieds; & l'on en fait aujourd'hui

qui vont un an, avec un poids qui pese 2 livres, dont la descente est de 5 pieds.

Au reste, la perfection que l'Horlogerie a acquise depuis cent ans, n'a rien changé aux principes fondamentaux de ces machines; car le pendule est encore le meilleur régulateur des Horloges, qu'on nomme aussi *Pendules*; & le balancier gouverné par le spiral, est le meilleur régulateur des Montres.

Jusqu'à Huighens, l'Horlogerie pouvoit être considérée comme un Art méchanique, qui n'exigeoit que la main-d'œuvre; mais l'application qu'il fit de la Géométrie & de la Méchanique pour ses découvertes, ont fait de cet Art une science où la main-d'œuvre n'est plus que l'accessoire, & dont la partie principale est la théorie du mouvement des corps, qui comprend ce que la Géométrie, le Calcul, la Méchanique & la Physique ont de plus sublime.

La grande précision avec laquelle les Horloges à pendule divisent le temps, a facilité, & a donné lieu à d'excellentes observations; & c'est ce qui a engagé à appliquer aux machines qui mesurent le temps les divisions dont se servent les Astronomes dans leurs calculs. Par-là on a été en état d'assigner exactement & très-distinctement les plus petites parties du temps : c'est-à-dire, les minutes & les secondes. Ainsi la révolution journaliere du soleil, d'abord divisée en 24 parties, l'est maintenant en 86400 secondes, que l'on peut compter avec facilité : ce fut donc seulement après l'invention du pendule que l'on parvint à faire de bonnes Horloges qui marquerent les minutes & les secondes. Pour cet effet, on disposa ces machines de maniere que, tandis que la roue qui porte l'aiguille des heures fait un tour, une autre roue fait un tour par heure : celle-ci porte une aiguille qui marque les minutes sur un cercle de cadran, divisé en 60 parties égales, dont chacune repond à une minute : & les 60 divisions à une heure. Enfin pour faire marquer les secondes, on disposa la machine de maniere qu'une de ses roues pût faire un tour en une minute : l'axe de cette roue porte une aiguille qui marque les secondes sur un cercle divisé en 60 parties, dont chacune répond à une seconde, & les 60 à une minute. On ajouta de la même maniere ces sortes de divisions aux Montres.

Dès la premiere invention des Horloges à roues dentées, les Artistes Horlogers imaginerent à l'envi différents méchanismes : tels sont les Horloges à réveil; celles qui marquent les quantiemes du mois, les jours de la semaine, les années, les quantiemes & phases de la lune, le coucher du soleil, les années bissextiles, &c. Mais parmi toutes les additions que l'on a faites aux Horloges & aux Montres

il

il y en a entr'autres deux qui font très - ingénieufes & très - utiles : la premiere eft la *Répétition* ; cette machine, foit pour Montre, foit pour Pendule, au moyen de laquelle on peut favoir à chaque inftant du jour ou de la nuit les heures & les quarts : la feconde eft l'invention des Horloges & des Montres à *Équation*. Pour connoître le mérite de ces fortes d'ouvrages, il faut favoir que les Aftronomes ont découvert, après bien des obfervations, que les révolutions journalieres du foleil, ne fe font pas tous les jours dans le même temps ; c'eft-à-dire, que le temps, compris depuis le midi d'un jour au midi fuivant, n'eft pas toujours le même ; mais qu'il eft plus grand dans certains jours de l'année, & plus court en d'autres. Or le temps mefuré par les Horloges étant uniforme, il arrive que ces machines ne peuvent fuivre naturellement les écarts du foleil. On a donc imaginé un méchanifme qui eft tel, que tandis que l'aiguille des minutes de l'Horloge tourne d'un mouvement uniforme, une feconde aiguille des minutes fuit les variations du foleil. Enfin les plus belles machines que l'Horlogerie ait produites jufqu'ici, font les *Spheres mouvantes* & les *Planifpheres*.

On appelle *Sphere mouvante* une machine tellement difpofée, qu'elle indique & imite à chaque moment la fituation des planetes dans le ciel, le lieu du foleil, le mouvement de la lune, les éclipfes, en un mot qu'elle repréfente en petit le fyftême de l'Univers. Ainfi, felon le dernier fyftême recu par les Aftronomes, on place le foleil au centre de cette machine, qui repréfente la fphere du monde : autour du foleil tourne *Mercure* ; enfuite fur un plus grand cercle on voit *Vénus* ; puis la terre avec la *Lune* ; après elle *Mars* ; enfuite *Jupiter* avec fes quatre fatellites ; & enfin *Saturne* avec fes cinq fatellites ou petites lunes. Chaque planete eft portée par un cercle concentrique au foleil : ces différents cercles font mis en mouvement par les roues d'une Horloge, & ces roues font cachées dans l'intérieur de la machine. Chaque planete y emploie, & imite parfaitement le temps de la révolution que les Aftronomes ont déterminé : en conféquence de quoi Mercure tourne autour du foleil en 88 jours ; Venus en 224 jours 7 heures ; la terre en 365 jours 5 heures 49 minutes, & environ 12 fecondes ; la lune fait fa révolution autour de la terre en 29 jours 12 h. 44 minutes 3 fecondes ; Mars en un an 321 jours 18 heures ; Jupiter en onze ans 316 jours ; & Saturne en 29 ans 155 jours 13 heures.

La fphere mouvante n'eft pas une invention moderne, puifque *Archimede* qui vivoit il y a deux mille ans, & *Poffidonius* qui vivoit du temps de Cicéron, en avoient compofé & conftruit qui imitoient les mouvements des aftres. On a fait dans ces derniers temps plufieurs fpheres mouvantes : la plus parfaite dont on ait connoiffance, eft

celle qui a été placée à Verſailles depuis quelques années : elle a été calculée par M. *Paſſement*, & exécutée ſous ſa direction par M. *Dauthiau*, Horloger.

On a auſſi compoſé des Horloges qui marquent & qui indiquent le mouvement des planetes, comme le fait la ſphere ; mais avec cette différence que dans les machines qu'on nomme *Planiſpheres*, les révolutions des planetes ſont marquées ſur un même plan, par des ouvertures faites au cadran, ſous leſquelles tournent les roues qui repréſentent les mouvements céleſtes.

On a encore enrichi l'Horlogerie d'un grand nombre d'inventions qu'il ſeroit trop long de rapporter ici: on peut conſulter quelques Ouvrages ſur l'Horlogerie, qui ont été mis au jour; par exemple, le Traité de M. *Thiout*; celui du Pere *Alexandre*, le livre de M. *le Paute*, & le Recueil des Machines préſentées à l'Académie Royale des Sciences : on trouvera ſur-tout, dans le livre de M. *Thiout*, un grand nombre de machines très-ingénieuſement imaginées pour parvenir à exécuter aiſément toutes les parties qui compoſent la main-d'œuvre ; il y a outre cela toutes ſortes de pieces : cet ouvrage eſt proprement un recueil de machines ſervant à l'Horlogerie. Quant à la partie hiſtorique de l'Horlogerie, il faut conſulter le Traité du P. *Alexandre*, le livre de *Derham*, &c.

On voit, par ce que nous avons dit juſqu'à préſent, une partie des objets que l'Horlogerie embraſſe : on peut juger par leur étendue, combien il faut réunir de connoiſſances pour poſſéder cette ſcience.

L'Horlogerie étant la ſcience de la meſure du temps, cet Art exige que ceux qui veulent le poſſéder connoiſſent les loix du mouvement des corps ; qu'ils ſoient bons Géometres, Mathématiciens, Phyſiciens ; qu'ils ſachent le calcul, & qu'ils ſoient nés, non-ſeulement avec le génie propre à ſaiſir l'eſprit des principes, mais encore qu'ils ſoient pourvus du talent d'en faire une juſte application.

Je n'entends donc pas ici par l'Horlogerie, ainſi qu'on le fait communément, le métier d'exécuter machinalement des Montres & des Pendules par une imitation ſervile, & ſans ſavoir ſur quoi ce méchaniſme eſt fondé ; ce ſont les fonctions du Manœuvre : mais j'entends que c'eſt l'art de diſpoſer une machine d'après des principes, d'après les loix du mouvement, en employant les moyens les plus ſimples & les plus ſolides ; & c'eſt-là l'ouvrage de l'homme de génie. Lors donc que l'on voudra former un Artiſte Horloger qui puiſſe devenir célebre, il faut premiérement ſonder ſa diſpoſition naturelle, & lui apprendre enſuite les Méchaniques, &c. Nous allons entrer dans le détail de ce qui nous paroît lui devoir ſervir de guide.

D'abord on lui fera voir quelques machines dont on lui expliquera les effets : comment, par exemple, on meſure le temps ; comment les roues

agiſſent les unes ſur les autres ; comment on multiplie les nombres de leurs révolutions. D'après ces premieres notions, on lui fera ſentir la néceſſité de ſavoir le calcul, pour pouvoir trouver les révolutions de chaque roue : d'être Géometre, pour déterminer les courbures des dents : Méchanicien, pour trouver les forces qu'il faut appliquer à la machine pour la faire mouvoir ; enfin Artiſte, pour mettre en exécution les principes & les régles que ces ſciences preſcrivent. D'après cela, on lui fera étudier les machines & les ſciences qui y ont rapport, & qu'il devra connoître ; ayant une attention de ne faire entrer dans ces connoiſſances, la main-d'œuvre, que comme l'acceſſoire.

Quand il ſera queſtion des régulateurs des Pendules & des Montres, il faudra lui en expliquer en gros les propriétés générales ; comment on peut parvenir à les conſtruire tels qu'ils puiſſent donner la plus grande juſteſſe ; de quoi cela dépend ; de la néceſſité de connoître comment les fluides réſiſtent aux corps en mouvement ; de l'obſtacle qu'ils oppoſent à la juſteſſe ; comment on peut rendre cette juſteſſe la plus grande poſſible ; de l'étude ſur les frottements de l'air ; comment on peut rendre cette réſiſtance la moindre poſſible : du frottement qui réſulte du mouvement des corps qui ſe meuvent les uns ſur les autres ; quel effet il en réſulte pour les machines : de la maniere de réduire ces frottements à la moindre quantité poſſible : on lui fera remarquer les différentes propriétés des métaux : les effets de la chaleur : comment elle tend à les dilater, & le froid à les condenſer ; de l'obſtacle qui en réſulte pour la juſteſſe des machines qui meſurent le temps ; des moyens de prévenir les écarts qu'ils occaſionnent ; de l'utilité de la Phyſique pour ces différentes choſes, &c. Après l'avoir ainſi amené par gradation, on lui donnera une notion des machines qui imitent les effets des planetes ; en lui faiſant ſentir la beauté de ces machines, on lui fera voir la néceſſité d'avoir quelques notions d'Aſtronomie ; c'eſt ainſi que les machines mêmes ſerviront à lui faire aimer cet Art, & que les ſciences qu'il apprendra lui paroîtront d'autant moins pénibles, qu'il en connoîtra l'abſolue néceſſité, & celle de joindre à ces connoiſſances la main-d'œuvre, afin de pouvoir exécuter lui-même ces machines d'après les regles que preſcrit la théorie.

Quant à l'exécution, il me paroît convenable qu'il commence par celle des Pendules, qui eſt plus facile à cauſe de la grandeur des pieces ; ce qui permet encore l'avantage d'exécuter toutes ſortes d'effets & de compoſitions. La grande variété que l'on ſe permet dans la conſtruction des Horloges à pendule, accoutume l'eſprit à voir les machines en grand ; dailleurs, quant à la pratique même, il y a de certaines préciſions que l'on ne connoît que dans la Pendule, & qui pourroient cependant s'appliquer aux Montres. Ainſi l'Eleve parvenu à l'intelligence des machines,

aura des idées nettes de leurs principes ; & lorsqu'il posséдera l'exécution, il passera aisément à la pratique des Montres ; & d'autant mieux, que le même esprit qui sert à composer & exécuter les Horloges à pendule, est également applicable aux Montres qui ne sont en petit que ce que les Pendules sont en grand.

Au reste, comme on ne parvient que par gradation à acquérir des lumieres pour la théorie, de même la main-d'œuvre ne se forme que par l'usage ; mais cela s'acquiert d'autant plus vîte que l'on a dans la tête ce que l'on veut exécuter. C'est pour cette raison que je conseille de commencer par l'étude de la science, avant d'en venir à la main-d'œuvre, ou tout au moins, de les faire marcher en même temps.

Quoiqu'il soit essentiel d'étudier les principes de l'Art, & de s'accoutumer à exécuter avec précision, cela ne suffit pas encore : on ne possede pas l'Horlogerie pour en avoir les connoissances générales : les regles que l'on apprend par la lecture & par l'étude, peuvent être applicables dans une machine actuellement existante, ou dans d'autres qui seroient pareilles ; mais imaginer des moyens qui n'ont pas été mis en usage, & composer des nouvelles machines, c'est à quoi ne parviendront jamais ceux qui ne possedent que des regles, & qui ne sont pas doués de cet heureux génie que l'on ne peut tenir que de la nature. Ce talent ne s'acquiert pas par l'étude, elle ne fait que le perfectionner & aider à le développer. Lorsqu'on joint aux dons de la nature celui de science, on ne peut que composer de très-bonnes choses.

On voit d'après ce tableau, que pour pouvoir posséder à fond l'Art de l'Horlogerie, il faut avoir la théorie de cette science, le talent de l'exécution, & un génie propre pour inventer : trois choses qui ne sont pas faciles à réunir dans la même personne ; & d'autant moins, que jusques ici on a regardé l'exécution des pieces d'Horlogerie, comme la partie principale, au lieu qu'elle n'est que la derniere. Cela est si vrai, qu'une Montre ou Pendule la mieux exécutée, fera de très-grands écarts, si elle n'est pas construite sur de bons principes ; & au contraire cette machine médiocrement exécutée ne laissera pas que d'aller fort bien, si les principes dont on s'est servi pour la composer sont bons. Si la justesse des machines qui mesurent le temps dépend principalement des principes que l'on suit, il faut bien observer que si l'on veut avoir une machine parfaite, il faut joindre à la composition, la plus exacte & la plus scrupuleuse exécution : c'est à la théorie à diriger la main, & à placer à propos les opérations délicates.

Je ne prétends donc pas qu'on puisse négliger la main-d'œuvre, au contraire ; mais persuadé qu'elle ne doit être qu'en sous ordre, & que ce n'est que le mérite de l'Ouvrier, ce dont il n'est pas ici question, je sou-

haite qu'on apprécie le mérite de la main, & celui du génie, chacun selon sa valeur. Je crois être d'autant plus en droit de le dire, que je ne crains pas que l'on me soupçonne de dépriser ce que je ne possede pas : j'ai fait mes preuves en Montres & en Pendules, & en des parties très-difficiles ; & je suis en état de convaincre les plus incrédules par des faits existants.

Je dois d'autant plus insister sur cela, que la plûpart des personnes qui se mêlent de l'Horlogerie sont fort éloignés de penser qu'il faille savoir autre chose que tourner & limer : ce n'est pas uniquement leur faute; cette erreur tire sa source de la maniere dont on forme ordinairement les Eleves. On place un enfant chez un Horloger pour y demeurer huit ans ; là on l'occupe à faire des commissions, & à ébaucher quelques pieces d'Horlogerie : s'il parvient au bout de ce temps à faire un mouvement, il est supposé fort habile. Il ignore cependant fort souvent l'usage de la machine qu'il a faite. Il se présente avec son prétendu savoir à la Maîtrise, il fait, ou fait exécuter par un autre le chef-d'œuvre qui lui est prescrit ; il est reçu Maître, prend boutique, vend des Montres & des Pendules, & se dit Horloger. On peut donc regarder comme un miracle, si un homme ainsi conduit devient jamais habile Artiste.

On appelle communément *Horlogers*, ceux qui exercent l'Horlogerie ; mais il est à propos de distinguer l'Horloger, comme on l'entend ici, de l'Artiste qui possede les principes de l'Art : ce sont deux personnes absolument différentes. Le premier pratique en général l'Horlogerie, sans en avoir les premieres notions, & se dit Horloger, parce qu'il travaille à une partie de cet Art.

Le second embrasse au contraire cette science dans toute son étendue : on pourroit l'appeller l'*Architecte méchaniste*. Un tel Artiste ne s'occupe pas d'une seule partie ; il fait les plans des Montres, des Pendules, ou des autres machines qu'il veut construire ; il détermine la position de chaque piece, leur direction, les forces qu'il faut employer, les dimensions, &c ; en un mot il construit l'édifice ; & quant à l'exécution, il fait choix des Ouvriers qui sont capables d'en exécuter chaque partie. C'est sous ce point de vue que l'on doit considérer l'Horlogerie, & que l'on peut espérer d'avoir de bonnes machines, ainsi que nous le ferons voir dans un moment. Nous allons maintenant parler de chaque ouvrier que l'on emploie pour la fabrication des Montres & des Pendules ; le nombre en est très-grand, car chaque partie est exécutée par des O vriers particuliers qui ne font toute leur vie que la même chose.

Ce qui concerne la pratique ou la main-d'œuvre se divise en trois branches, lesquelles comprennent tous les Ouvriers qui travaillent à l'Horlogerie.

1°. Les Ouvriers qui font les grosses Horloges des clochers, &c: on appelle ceux-ci *Horlogeurs* ou *Grossiers*.

2°. Les Ouvriers qui font les Pendules: on les appelle *Horlogers Penduliers*.

3°. Les Ouvriers qui font les *Montres* : on les appelle *Ouvriers en petit*.

Les Ouvriers qui fabriquent les grosses Horloges, sont des especes de Serruriers machinistes : ils font eux-mêmes tout ce qui concerne ces Horloges ; ils forgent les montants dans lesquels doivent être placées les roues ; ils forgent aussi les roues qui sont de fer *, & leurs pignons d'acier ; ils font les dents des roues & des pignons à la lime après les avoir divisées au nombre de parties convenables ; ouvrage très-long & bien pénible. Il faut être plus qu'un Ouvrier pour disposer à propos ces sortes d'ouvrages ; car il faut de l'intelligence pour distribuer avantageusement les rouages, proportionner les forces des roues aux efforts qu'elles ont à vaincre, sans cependant les rendre plus pesantes qu'il n'est besoin, ce qui augmenteroit les frottements mal à propos. Les constructions de ces machines varient selon les lieux où elles sont placées. Les conduites des aiguilles ne sont pas faciles à exécuter : la grandeur totale de la machine & des roues, &c, est relative à la grandeur des aiguilles qu'elle doit mouvoir, à la cloche qui doit être employée pour sonner les heures ; ce qui détermine la force du marteau, & celui-ci la force des roues. Pour composer avantageusement ces sortes de machines, il est nécessaire de posseder la théorie de l'Horlogerie : ces mêmes Ouvriers font aussi les Horloges pour les Châteaux, celles pour les escaliers, &c.

Voici l'énumération des Ouvriers pour les Pendules,

1°. Le premier ouvrage que l'on fait faire aux Ouvriers qui travaillent aux Pendules, est ce qu'on appelle le *Mouvement en blanc*, qui consiste dans les roues, les pignons & les détentes : ces Ouvriers que l'on appelle *Faiseurs de mouvements en blanc*, ne font qu'ébaucher l'ouvrage, dont le mérite consiste dans la dureté des roues & des pignons : les dents des roues doivent être d'une égale grosseur, & également distantes entr'elles ; elles doivent avoir les formes & les courbures requises, &c. †

2°. Le *Finisseur* est celui qui termine les dents des roues ; c'est à dire, qui fait les courbures des dents, qui finit leurs pivots, qui fait les trous dans lesquels ils doivent tourner, les engrenages, l'échappement ; il est chargé de l'exécution des effets de la sonnerie, ou de la

* Ceux qui les font en cuivre font mieux.

† Dans le Chapitre XXXVI de la premiere Partie, on verra tous les détails de pratique d'une Pendule à répétition.

répétition, &c: il ajuſte les aiguilles, le pendule ou lentille; enfin il fait marcher l'Horloge. Reſte au Méchaniſte, c'eſt-à-dire, à l'Horloger, à revoir les effets de la machine: ſi, par exemple, les engrenages ſont bien faits, ainſi que les pivots des roues; ſi l'échappement fait parcourir au *pendule* l'arc convenable; ſi la peſanteur de la lentille & les arcs qu'elle décrit ſont relatifs à la force motrice, &c: il doit enfin examiner les effets de la ſonnerie ou répétition, &c.

3°. La *Fendeuſe* eſt une Ouvriere qui fend les roues des Pendules; elle ne fait que cela.

4°. Le *Faiſeur de reſſorts* fait les reſſorts des Pendules: il ne s'occupe uniquement qu'à cela. Ce que l'on peut exiger d'un Faiſeur de reſſorts, c'eſt qu'il les faſſe fort longs & de bon acier trempé aſſez dur pour ne pas perdre ſon élaſticité, mais pas aſſez dur pour caſſer: il faut que l'action du reſſort, en ſe *débandant*, ſoit la plus égale poſſible, & que les lames ne ſe frottent pas en ſe développant.

5°. Les *Faiſeurs de lentilles* de poids pour faire marcher les Pendules: ces mêmes Ouvriers font auſſi les aiguilles d'acier des Pendules.

6°. Les *Graveurs* pour les aiguilles de cuivre.

7°. Le *Graveur* qui fait les cadrans de cuivre pour les Pendules à ſecondes, &c.

8°. Le *Poliſſeur*: celui-ci polit les pieces de cuivre du mouvement de la Pendule; le *Finiſſeur* termine & polit celles d'acier.

9°. Les *Emailleurs* ou Faiſeurs de cadran des Pendules.

10°. Les *Ouvriers qui argentent* les cadrans de cuivre.

11°. Les *Ciſeleurs* qui font les boîtes & *cartels* pour les Pendules.

12°. Les *Ébéniſtes* qui font les boîtes de marqueterie & autres. Les Horlogers doivent diririger les Ebéniſtes & les Ciſeleurs pour le deſſein des boîtes; & comme ils ne ſont pas communément en état de le faire par eux-mêmes, il eſt à propos qu'ils conſultent des Architectes ou de bons Deſſinateurs.

13°. Les *Doreurs* pour les bronzes des boîtes & des cartels, &c.

14°. *Les Metteurs en couleur*: ceux-ci donnent la couleur aux bronzes des boîtes des Pendules, aux *cartels*, cadrans, &c. Cette couleur imite la dorure.

15°. Les *Fondeurs* pour les roues des Pendules, & de différentes pieces qui s'emploient pour les mouvements.

16°. Les *Fondeurs* qui font les timbres, qui les tournent & les poliſſent.

Voilà en gros les Ouvriers qui travaillent aux Pendules ordinaires.

Les Pendules à équation ou autres machines compoſées, ſont exécutées par différents Ouvriers *en blanc*, par des Finiſſeurs, &c, & ſont conduites & compoſées par l'Horloger.

Les Ouvriers qui travaillent aux Montres ſont les ſuivants :

1°. Le *Faiſeur de mouvements en blanc :* il fait, ainſi que ceux des Pendules, les roues & les pignons, leſquels exigent à peu-près les mêmes précautions : ces Ouvriers n'exécutent que les mouvements des Montres ſimples.

2°. Le *Faiſeur de rouages :* cet Ouvrier ne s'occupe qu'à faire les rouages des Montres ou répétitions.

3°. Les *Cadraturiers* ſont ceux qui ſont cette partie de la répétition qui eſt ſous le cadran, dont le méchaniſme eſt tel que, lorſque l'on pouſſe le bouton ou pouſſoir de la Montre, cela fait répéter l'heure & le quart marqué par les aiguilles.

4°. Le *Finiſſeur* eſt l'Ouvrier qui termine l'ouvrage du Faiſeur de mouvements. Il y a deux ſortes de Finiſſeurs, celui qui finit le mouvement des Montres ſimples, & celui qui termine le rouage d'une Montre à répétition : l'un & l'autre finiſſent les pivots des roues, les engrenages. Quand les Montres ſont à roues de rencontre, les Finiſſeurs font auſſi les échappements : le Finiſſeur égaliſe la fuſée avec ſon reſſort ; il ajuſte le mouvement dans la boîte, remonte la Montre dorée, & la fait marcher. Il ne reſte à l'Horloger qu'à la revoir, à examiner les engrenages, la groſſeur des pivots, la liberté de leur mouvement dans leurs trous, les ajuſtements du ſpiral, l'échappement, le poids du balancier, l'égalité de la fuſée, &c. L'Horloger doit retoucher lui-même les parties qui ne ſont pas ſelon les regles, & donner ainſi l'ame à la machine ; mais il faut premiérement qu'elle ait été conſtruite ſur de bons principes.

5°. Les *Faiſeurs d'échappements* des Montres à cylindre. Ceux-ci ne font que les échappements, c'eſt-à-dire, la roue de cylindre, le cylindre même ſur lequel ils fixent le balancier. Ils ajuſtent la couliſſe, & le ſpiral : comme aucun des échappements connus en Montre, ne corrige ni ne doit corriger les inégalités de la force motrice, c'eſt aux Méchaniſtes, qui font faire des échappements, à preſcrire la diſpoſition & les dimenſions qu'ils doivent avoir ; c'eſt-à-dire, que c'eſt à eux à fixer les nombres des vibrations, la grandeur des arcs qu'ils doivent faire parcourir, le poids du balancier relatif à la force du reſſort ; puiſque, comme nous le verrons, c'eſt ſur ce rapport que roule toute la juſteſſe des Montres.

6°. Les *Faiſeurs de reſſorts* des Montres : ceux-ci ne font que les petits reſſorts.

7°. La *Faiſeuſe de chaînes* de Montre. On tire ordinairement ces chaînes toutes faites de Geneve ou de Londres.

8°. Les *Faiſeuſes de ſpiraux* : on tire auſſi les ſpiraux de Geneve.

U

Un ſpiral exige beaucoup de ſoin pour être bon; & ſa bonté eſt très-eſſentielle dans une Montre. Il faut qu'un ſpiral ſoit du meilleur acier poſſible: qu'il ſoit bien trempé, afin qu'il reſtitue toute la quantité du mouvement qu'il reçoit, ou du moins la plus approchante.

9°. L'*Emailleur* ou Faiſeur de cadrans.

10°. Le *Faiſeur d'aiguilles.*

11°. Les *Graveurs* qui font les ornements des coqs, des roſettes, &c.

12°. Les *Doreuſes*: ces femmes ne font que dorer les platines, les coqs & autres parties des Montres. Il faut qu'elles uſent de beaucoup de précaution, pour que le degré de chaleur qu'elles donnent à ces pieces ne les amoliſſe pas.

13°. Les *Poliſſeuſes* ſont occupées à polir les pieces de cuivre d'une Montre, telles que les roues, &c, qui ne ſe dorent pas.

14°. Les Ouvriers qui poliſſent les pieces d'acier, les marteaux, &c.

15°. Les *Fendeuſes de roues.*

16°. Ceux qui *taillent les fuſées* & les roues d'échappement. La juſteſſe d'une roue d'échappement dépend ſur-tout de la juſteſſe de la machine qui ſert à la tailler: elle dépend encore des ſoins de celui qui la fend. Il eſt donc eſſentiel d'y apporter des attentions, parce que cela contribue auſſi à la juſteſſe de la marche de la montre.

17°. Les *Monteurs de boîtes* des Montres, ſoit en or ou en argent.

18°. Les *Faiſeurs d'étuis.*

19°. Les *Graveurs & Ciſeleurs* que l'on emploie pour orner les boîtes des Montres.

20°. les *Emailleurs* qui peignent les figures & les fleurs dont on décore les boîtes: les Horlogers peuvent bien, ſans préjudicier à la bonté de l'ouvrage intérieur, orner les boîtes de leurs Montres: il faut pour cela qu'ils faſſent choix d'habiles Artiſtes, Graveurs & Emailleurs.

21°. Les *Ouvriers* qui font les *chaînes d'or* pour les Montres, ſoit pour homme ou pour femme: les Bijoutiers & les Horlogers font également ces chaînes. Je ne parle pas ici d'un très-grand nombre d'Ouvriers, qui ne font uniquement que les outils & inſtruments dont ſe ſervent les Horlogers: ce détail ſeroit long, & d'ailleurs il n'eſt qu'acceſſoire à la main-d'œuvre.

On voit par cette diviſion de l'exécution des pieces de l'Horlogerie, qu'un habile Artiſte Horloger ne doit être uniquement occupé, 1°. Qu'à étudier les principes de ſon art, à faire des expériences, à conduire les Ouvriers qu'il emploie, à revoir leur ouvrage à meſure qu'ils exécutent les pieces.

On voit 2°, que chaque partie d'une Pendule ou d'une Montre doit être parfaite, puiſqu'elle eſt exécutée par des Ouvriers qui ne

ſont jamais occupés qu'à faire la même choſe ; ainſi ce qu'on doit exiger d'un habile homme, c'eſt qu'il conſtruiſe lui même ſes Montres & ſes Pendules ſur de bons principes appuyés de l'expérience ; d'employer de bons Ouvriers, & de revoir chaque piece à meſure qu'on l'exécute ; d'en corriger les défauts ; enfin lorſque le tout eſt exécuté, il doit raſſembler les parties, & établir entr'elles l'harmonie qui fait l'ame de la machine. Il faut donc qu'un tel Artiſte ſoit en état d'exécuter lui-même au beſoin toutes les parties qui conſtituent les Montres & les Pendules ; car il ne peut diriger & conduire les Ouvriers que dans ce cas, & encore moins pourroit-il corriger leurs ouvrages s'il ne ſavoit pas exécuter. Il eſt aiſé de voir qu'une machine d'abord bien conſtruite par l'Artiſte, & enſuite exécutée par différents Ouvriers, eſt préférable à celle qui ne ſeroit faite que par un ſeul & même Artiſte, puiſqu'il n'eſt pas poſſible à un même homme de s'occuper de la recherche des principes, de faire des expériences, & d'exécuter en même temps avec la perfection dont eſt capable l'Ouvrier qui borne toutes ſes facultés à exécuter les pieces.

A juger du point de perfection de l'Horlogerie par celui de la main-d'œuvre, on imagineroit que cet Art eſt parvenu à ſon plus grand dégré de perfection : en effet, on exécute aujourd'hui les pieces d'Horlogerie avec des ſoins & une délicateſſe ſurprenante ; ce qui prouve ſans doute l'adreſſe de nos Ouvriers, & la beauté de la main-d'œuvre, mais nullement la perfection de la ſcience ; puiſque les principes n'en ſont pas encore déterminés, & que la main-d'œuvre ſeule ne donne pas la juſteſſe de la marche des Montres & des Pendules. Or cette juſteſſe eſt le propre de l'Horlogerie. Il ſeroit donc à ſouhaiter que l'on s'attachât davantage aux principes, & qu'on ne fît pas conſiſter le mérite d'une Montre, ſimplement dans l'élégance de l'exécution, qui n'eſt que l'effet de la main ; mais bien dans l'intelligence de la compoſition, ce qui eſt le fruit du génie.

L'Horlogerie ne ſe borne pas uniquement aux machines qui meſurent le temps ; cet Art étant la ſcience du mouvement, on voit que tout ce qui concerne les machines quelconques peut être de ſon reſſort : auſſi de la perfection de cet Art, dépend celle de différentes machines & inſtruments ; comme, par exemple, les inſtruments propres à l'Aſtronomie & à la Navigation, les inſtruments de Mathématiques, les machines propres à faire les expériences de Phyſique, &c.

Le célébre *Graham*, Horloger Anglais, Membre de la Société Royale de Londres, n'as pas peu contribué à la perfection des inſtruments d'Aſtronomie : & les connoiſſances qu'il poſſédoit dans les différents genres dont nous avons parlé, prouvent bien que la ſcience

de l'Horlogerie les réunit toutes. Il eſt vrai que cela eſt réſervé à ceux qui ſont doués d'un génie ſupérieur; mais pour parvenir à ces connoiſſances, il ſuffiroit d'exciter l'émulation des Artiſtes, & les mettre un peu plus en honneur qu'on n'a fait juſqu'à préſent.

Nous diſtinguerons trois ſortes de perſonnes qui travaillent ou qui s'ingerent de travailler à l'Horlogerie: les premiers, dont le nombre eſt le plus conſidérable, ſont ceux qui ont pris cet état ſans goût, ſans diſpoſition ni talent, & qui le profeſſent par routine, ſans application, & ſans chercher à ſortir de leur médiocrité & même de leur ignorance: ceux-là travaillent ſimplement pour gagner de l'argent, le hazard ſeul ayant décidé du choix de leur état. Les ſeconds ſont ceux qui par un deſir très-louable de s'élever au-deſſus du commun des Artiſtes, cherchent à acquérir les connoiſſances & les principes de l'Art: mais aux efforts deſquels la nature ingrate ſe refuſe. Enfin le petit nombre renferme des Artiſtes intelligents qui, nés avec des diſpoſitions particulieres, & poſſédant l'amour du travail & de l'Art, s'appliquent à découvrir de nouveaux principes, & à approfondir ceux qui ſont déja établis.

Pour être un Artiſte de ce genre, il ne ſuffit pas d'avoir un peu de théorie, quelques principes généraux des méchaniques, & d'y joindre l'habitude du travail; il faut de plus une diſpoſition particuliere, que l'on ne tient que de la nature: cette diſpoſition ſeule tient lieu de tout: lorſqu'on eſt né avec ce génie, on ne tarde pas à acquérir le reſte; en faiſant uſage de ce don précieux, on acquiert bien-tôt la pratique: & un Artiſte tel que je le ſuppoſe, n'exécute rien dont il ne ſente les effets, ou qu'il ne cherche à les analyſer: rien n'échappe à ſes obſervations: & quel chemin ne fera-t il pas dans ſon Art, s'il joint à ces diſpoſitions l'étude de toutes les découvertes faites juſqu'à ſon temps? Il eſt rare ſans doute de trouver des génies aſſez heureux pour réunir toutes ces parties eſſentielles: mais on en trouve qui ont toutes les diſpoſitions naturelles, à qui il ne manque que l'occaſion d'en faire l'application, & qui ſe livreroient tout entiers à la perfection de leur Art, ſi leur émulation étoit récompenſée. Il ne faudroit, pour rendre un ſervice eſſentiel à l'Horlogerie & à la Société, que de piquer leur amour-propre: faire une diſtinction de ceux qui ſont vraiment Horlogers d'avec ceux qui ne ſont ſimplement qu'Ouvriers, ou même Charlatans: il faudroit enfin confier l'adminiſtration du corps de l'Horlogerie aux plus intelligents; faciliter l'admiſſion à ceux qui ont des talents reconnus, & en exclure à jamais ces miſérables Ouvriers qui, outre qu'ils arrêtent les progrès de l'Art, tendent encore à le détruire.

S'il eſt néceſſaire de partir d'après des principes de Méchanique pour compoſer des pieces d'Horlogerie, il ne l'eſt pas moins de les vérifier par

des expériences ; car quoique ces principes ſoient invariables, comme ils ſont la plupart compliqués, & qu'on doit les appliquer à de très-petites machines, il en réſulte des effets différents, & aſſez difficiles à analyſer. Nous obſerverons qu'il y a deux manieres de procéder à ces expériences : les unes ſont faites par des gens ſans intelligence qui les exécutent pour s'éviter la peine de rechercher par une étude & une analyſe pénible, que ſouvent ils ne ſoupçonnent pas, l'effet qui doit réſulter d'un méchaniſme compoſé ſans regles, ſans principes & ſans vues : ce ſont des Ouvriers qui ſe conduiſent par le tâtonnement, comme fait l'aveugle avec ſon bâton : la ſeconde claſſe de perſonnes qui font des expériences, eſt compoſée d'Artiſtes inſtruits des principes de méchaniques, des loix du mouvement, des diverſes actions des corps les uns ſur les autres ; & qui, doués d'un génie qui ſait décompoſer les effets les plus délicats d'une machine, voient des yeux de l'eſprit, tout ce qui doit réſulter de telle ou telle combinaiſon ; qui peuvent en faire le calcul d'avance, la conſtruire de la maniere la plus avantageuſe ; enſorte que s'ils font des expériences, c'eſt moins pour apprendre ce qui doit en réſulter, que pour voir la confirmation des principes qu'ils ont établis, & les effets qu'ils avoient analyſés. J'avoue qu'une telle maniere de voir eſt très-pénible, & qu'il faut être doué d'un génie particulier ; auſſi appartient-t-il à fort peu de perſonnes de faire des expériences utiles, & qui aient un but marqué.

L'Horlogerie livrée à elle-même, ſans encouragements, ſans diſtinctions, ſans récompenſes, s'eſt élevée par ſes propres forces au point où nous la voyons de nos jours : cela ne peut être attribué qu'à l'heureuſe diſpoſition de quelques Artiſtes, qui aimant aſſez leur Art pour en rechercher la perfection, ont excité entr'eux une émulation qui a produit des effets auſſi avantageux, que ſi on les eut encouragés par des récompenſes. Le germe de cet eſprit d'émulation eſt dû aux Artiſtes Anglais que l'on fit venir en France au temps de la Régence ; entr'autres au célébre SULLY *, le plus habile de ceux qui s'établirent alors en France : Julien LE ROY, éleve de LE BON, fort habile Horloger étoit fort lié avec Sully : il profita de ſes lumieres ; ce qui joint à ſon mérite perſonnel, lui valut la réputation dont il a joui juſqu'à ſa mort. Celui-ci eut des émules, entr'autres ENDERLIN qui étoit doué d'un vrai génie pour les méchaniques ; ce que l'on peut voir par pluſieurs bons Mémoires & pluſieurs Machines qui ont beaucoup enrichi le Traité d'Horlogerie de M. THIOUT. On ne doit pas oublier Jean-Baptiſte DUTERTRE, fort habile Horloger, GAUDRON, Pierre

* C'eſt à *Sully* que nous devons la *Regle artificielle du Temps* ; ouvrage excellent qui contient un très-bon Mémoire ſur les moyens de perfection d'une Montre.

LE ROY, & THIOUT l'aîné, dont le Traité d'Horlogerie fait l'éloge. Nous devons à ces habiles Artiſtes grand nombre de recherches, & ſur-tout la perfection de la main-d'œuvre ; mais quant à la théorie & aux principes de l'art de la meſure du temps, ils n'en ont point traité. Il n'eſt donc pas étonnant que l'on ait écrit de nos jours beaucoup d'abſurdités.

Le ſeul Ouvrage dans lequel il ſoit queſtion de principes, eſt un Mémoire de M. de RIVAZ, qui ſert de réponſe à un écrit anonyme contre ſes découvertes. C'eſt aux diſputes que les Horloges à un an ont excitées, & à ce Mémoire, que nous devons l'eſprit d'émulation qui anime nos Artiſtes modernes. Cette époque a été auſſi favorable à l'Horlogerie, que celle que nous devons à Sully.

Il ſeroit à ſouhaiter que M. DE RIVAZ, ce ſavant Méchanicien, eût pratiqué & ſuivi l'Horlogerie : ſes connoiſſances en Méchanique, & ſon heureux génie auroient beaucoup ſervi à perfectionner ce bel Art.

Il faut convenir que les Artiſtes qui ont enrichi l'Horlogerie de nouvelles découvertes, méritent tous nos éloges, puiſque leurs travaux pénibles n'ont eu pour objet que la perfection de l'Art, pour lequel ils ont ſacrifié leur fortune : car il eſt bon d'obſerver qu'il n'en eſt pas de l'Horlogerie, comme des autres Arts, tels que la Peinture, l'Architecture, ou la Sculpture : dans ceux-ci, l'Artiſte qui excelle, eſt non-ſeulement encouragé & récompenſé ; mais comme il ſe trouve beaucoup d'amateurs en état de juger de leurs productions, la réputation & la fortune ſuivent ordinairement le mérite. Un excellent Artiſte Horloger peut au contraire paſſer ſa vie dans l'obſcurité, tandis que d'impudens Plagiaires, des Charlatans, & autres miſérables Marchands ou Ouvriers, jouiront de la fortune & des encouragements dûs au ſeul mérite ; car le nom que l'on ſe fait dans le monde, porte ordinairement moins ſur le mérite réel de l'ouvrage, que ſur la maniere dont il eſt annoncé. Il eſt aiſé d'en impoſer au public, qui ſe laiſſe facilement entraîner à croire un Charlatan ſur ſa parole, parce qu'il eſt dans l'impoſſibilité de vérifier & de juger par lui-même ſi on ne lui en impoſe pas.

On doit encore d'autant plus tenir compte aux Artiſtes Horlogers qui cherchent à étendre les limites de leur Art, que parmi le grand nombre d'Artiſtes qui travaillent à l'Horlogerie, il y en a un très petit nombre en état de ſentir le mérite de certaines recherches. Au reſte, cela ne doit pas empêcher un Artiſte de donner toute ſon application à ſon Art ; car ſi dans le moment actuel les autres Artiſtes ne tirent pas tout le fruit de ſon travail, inſenſiblement ceux qui le méditeront, pourront non-ſeulement l'atteindre, mais encore le ſurpaſſer.

C'eſt à cet eſprit d'émulation, que la Société des Arts, formée ſous la protection de S. A. S. M. le COMTE DE CLERMONT, doit ſon ori-

gine. On ne peut que regretter qu'un établiſſement qui auroit pu devenir fort utile au public, ait été de ſi courte durée. On a cependant vu ſortir de cette Société de très bons Sujets qui illuſtrent aujourd'hui l'Académie des Sciences; & pluſieurs Mémoires * fort bien faits ſur l'Horlogerie.

De concert avec pluſieurs habiles Horlogers, nous avions formé le projet de rétablir cette eſpece d'Académie, & propoſé à feu MM. Julien LEROY, THIOUT l'aîné, & quelques autres Artiſtes intelligents : tous auroient fort déſiré que ce projet eût réuſſi; mais un d'eux me dit formellement alors, qu'il ne vouloit pas y entrer ſi tel autre y étoit admis. Cette petiteſſe me fit connoître la cauſe de la chûte de la Société des Arts, & déſeſpérer de la rétablir, à moins que le Miniſtere ne voulût s'y intéreſſer en favoriſant cet établiſſement par des récompenſes qui ſerviroient à diſſiper ces baſſes jalouſies. On me permettra de détailler ici quelques-uns des avantages d'une pareille Société ou Académie d'Horlogerie.

L'Horlogerie eſt parvenue à un point de perfection que je crois au-deſſus de l'Horlogerie Anglaiſe; ce que l'on doit attribuer au ſeul amour de quelques Artiſtes. Cependant, malgré cet avantage, elle eſt ſur le point de retomber dans le mépris: le peu d'ordre que l'on obſerve pour ceux que l'on reçoit dans le Corps; &, plus que tout cela, le commerce que font les Marchands, les Ouvriers ſans droit ni talents; quelques Domeſtiques & autres gens intrigants, qui trompent le Public avec des faux noms, & qui aviliſſent l'Art; toutes ces choſes ôtent la confiance que l'on avoit aux Artiſtes célebres: ceux ci découragés & enfin entraînés par le torrent, feront obligés de faire comme les autres; ils ceſſeront d'être Artiſtes, pour devenir Marchands.

L'Horlogerie, dans ſon origine en France, paroiſſoit être un objet de trop petite conſéquence pour l'Etat, pour mériter l'attention du Gouvernement; on ne prévoyoit pas encore que cela pût former dans la ſuite une branche de commerce auſſi conſidérable qu'elle peut l'être de nos jours : il n'eſt donc pas étonnant que cet Art ait été abandonné à lui même. Mais aujourd'hui l'Horlogerie eſt abſolument différente de ce qu'elle étoit alors; elle a acquis un très grand degré de perfection; nous poſſédons au plus haut point l'art d'orner avec goût nos boîtes de Pendules & de Montres, dont la décoration eſt fort au-deſſus de celle des Etrangers, qui tâchent envain de nous imiter. Il ne faut donc plus enviſager l'Horlogerie comme un Art ſeulement utile à nous mêmes; il faut maintenant la conſidérer relativement au commerce qu'on en peut faire avec l'Etranger.

C'eſt par l'établiſſement d'une Société académique, que l'Art de l'Horlogerie pourroit acquérir le plus de confiance de la part de l'Etranger.

* De MM. Gaudron, & Leroy : *Voyez* Regle Artificielle du Temps.

Car 1°, une telle Académie ferviroit à porter l'Horlogerie au plus haut point de perfection, par l'émulation qu'elle exciteroit parmi les Artiftes : les Arts ne fe font perfectionnés que par le concours de plufieurs perfonnes qui traitoient le même objet.

2°. Les regiftres de cette Société ferviroient comme d'archives, où les Artiftes iroient dépofer ce qu'ils auroient inventé; les Membres de ce Corps, plus éclairés, & plus intéreffés à ce qu'il ne fe commît aucune injuftice, arrêteroient les plagiats qui fe font tous les jours impunément. Avec le fecours des Mémoires que l'on raffembleroit, on parviendroit, avec le temps, à publier un Traité d'Horlogerie, plus utile que ceux qui ont été publiés jufqu'à préfent : c'eft par le manque de pareilles archives, que l'on voit reparoître de temps en temps, & avec fuccès, tant de conftructions profcrites ; & c'eft ce qui continuera d'arriver, toutes les fois que l'amour de la nouveauté fera recevoir indiftinctement & fans examen toutes fortes de machines, nouvelles ou non : le Public fe perfuade alors que l'Art fe perfectionne, tandis qu'il ne fait que revenir fur fes pas, en tournant comme fur un cercle ; ou l'on admet pour original tout ce que l'on n'a pas encore vu.

3°. L'émulation que donneroit une pareille Société académique, ferviroit à former des Artiftes, qui en partant du point où leurs prédéceffeurs auroient laiffé l'Art, le porteroit encore plus loin : car pour être un membre utile de ce corps, il faudroit étudier, travailler, faire des expériences, ou fe réfoudre à être confondu avec la foule des mauvais Ouvriers.

4°. Enfin il en réfulteroit un avantage pour chaque Membre ; car alors le Public inftruit de ceux à qui il pourroit donner fa confiance, cefferoit d'acheter les ouvrages d'Horlogerie chez les Marchands qui fouvent le trompent; affuré de ne trouver chez l'Artifte connu que d'excellentes machines. Enfin, de ces différents avantages, il en réfulteroit que la perfection où notre Horlogerie eft portée, feroit plus connue de l'Etranger qui lui donneroit une entiere préférence fur celle de nos voifins.

TABLE

DES CHAPITRES

Contenus dans cette premiere Partie.

Division de ce Chapitre.

Fin de la Table des Chapitres de cette premiere Partie.

APPROBATION.

J'AI examiné par ordre de Monſeigneur le Chancelier, un manuſcrit intitulé : *Eſſai ſur l'Horlogerie ;* & je crois que les Amateurs de cet Art en verront l'impreſſion avec plaiſir. A Paris, ce 28 Mai 1761.

DE PARCIEUX.

PRIVILÉGE DU ROI.

LOUIS, PAR LA GRACE DE DIEU, ROI DE FRANCE ET DE NAVARRE : A nos amés & féaux Conſeillers les Gens tenant nos Cours de Parlement, Maîtres des Requêtes ordinaires de notre Hôtel, Grand-Conſeil, Prévôt de Paris, Baillifs, Sénéchaux, leurs Lieutenans Civils, & autres nos Juſticiers qu'il appartiendra : SALUT, notre amé *le ſieur BERTHOUD*, Nous a fait expoſer qu'il deſireroit faire imprimer & donner au Public *un Eſſai ſur l'Horlogerie*, s'il Nous plaiſoit lui accorder nos Lettres de Privilége pour ce néceſſaires. A CES CAUSES, voulant favorablement traiter l'Expoſant ; Nous lui avons permis & permettons par ces Préſentes, de faire imprimer ledit Ouvrage autant de fois que bon lui ſemblera, & de le vendre, faire vendre & debiter par tout notre Royaume ; Voulons qu'il jouiſſe de l'effet du préſent Privilége, pour lui & ſes hoirs à perpétuité, pourvu qu'il ne le rétrocede à perſonne ; & ſi cependant il jugeoit à propos d'en faire une Ceſſion, l'Acte qui la contiendra ſera enregiſtré en la Chambre Syndicale de Paris, à peine de nullité, tant du Privilége que de la Ceſſion ; & alors, par le fait ſeul de la Ceſſion enregiſtrée, la durée du préſent Privilége ſera réduite à celle de la vie de l'Expoſant, ou à celle de dix années, à compter de ce jour, ſi l'Expoſant décede avant l'expiration deſdites dix années ; le tout conformément aux Articles IV & V de l'Arrêt du Conſeil du 30 Août 1777, portant Réglement ſur la durée des Priviléges en Librairie. Faiſons défenſes à tous Imprimeurs, Libraires & autres perſonnes, de quelque qualité & condition qu'elles ſoient, d'en introduire d'impreſſion étrangere dans aucun lieu de notre obéiſſance ; comme auſſi d'imprimer ou faire imprimer, vendre, faire vendre, débiter ni contrefaire ledit Ouvrage, ſous quelque prétexte que ce puiſſe être, ſans la permiſſion expreſſe & par écrit dudit Expoſant, ou de celui qui le repréſentera, à peine de ſaiſie & de confiſcation des Exemplaires contrefaits, de ſix mille livres d'amende, qui ne pourra être modérée pour la premiere fois ; de pareille amende & de décheance d'état

en cas de récidive, & de tous dépens, dommages & intérêts, conformément à l'Arrêt du Conseil du 30 Août 1777, concernant les contrefaçons; à la charge que ces Présentes seront enregistrées tout au long sur le Registre de la Communauté des Imprimeurs & Libraires de Paris, dans trois mois de la date d'icelle; que l'impression dudit Ouvrage sera faite dans notre Royaume, & non ailleurs, en beau papier & beaux caracteres, conformément aux Réglements de la Librairie, à peine de déchéance du présent Privilége; qu'avant de l'exposer en vente, le manuscrit qui aura servi de copie à l'impression dudit Ouvrage, sera remis dans le même état où l'Approbation y aura été donnée, ès mains de notre très-cher & féal Chevalier, Garde des Sceaux de France, le Sieur HUE DE MIROMESNIL, Commandeur de nos Ordres; qu'il en sera ensuite remis deux Exemplaires dans notre Bibliotheque publique, un dans celle de notre Château du Louvre, un dans celle de notre très-cher & féal Chevalier, Chancelier de France, le Sieur DE MAUPEOU, & un dans celle dudit Sieur HUE DE MIROMESNIL: le tout à peine de nullité des Présentes; du contenu desquelles vous mandons & enjoignons de faire jouir ledit Exposant & ses hoirs, pleinement & paisiblement, sans souffrir qu'il leur soit fait aucun trouble ou empêchement. Voulons que la copie des Présentes, qui sera imprimée tout au long, au commencement ou à la fin dudit Ouvrage, soit tenue pour duement signifiée, & qu'aux copies collationnées par l'un de nos amés & féaux Conseillers-Secrétaires, foi soit ajoutée comme à l'original. Commandons au premier notre Huissier ou Sergent, sur ce requis, de faire pour l'exécution d'icelles, tous Actes requis & nécessaires, sans demander autre permission, & nonobstant Clameur de Haro, Charte Normande, & Lettres à ce contraires. CAR tel est notre plaisir. DONNÉ à Paris le septieme jour du mois de Décembre, l'an de grace mil sept cent quatre-vingt-cinq, & de notre Regne le douzieme. Par le Roi en son Conseil.

LE BEGUE.

Registré sur le Registre XXII *de la Chambre Royale & Syndicale des Libraires & Imprimeurs de Paris*, N° 513, fol. 457, *conformément aux dispositions énoncées dans le présent Privilége; & à la charge de remettre à ladite Chambre les neuf Exemplaires prescrits par l'Arrêt du Conseil du* 16 *Avril* 1785. *A Paris, le* 20 *Décembre* 1785.

LE CLERC, *Syndic.*

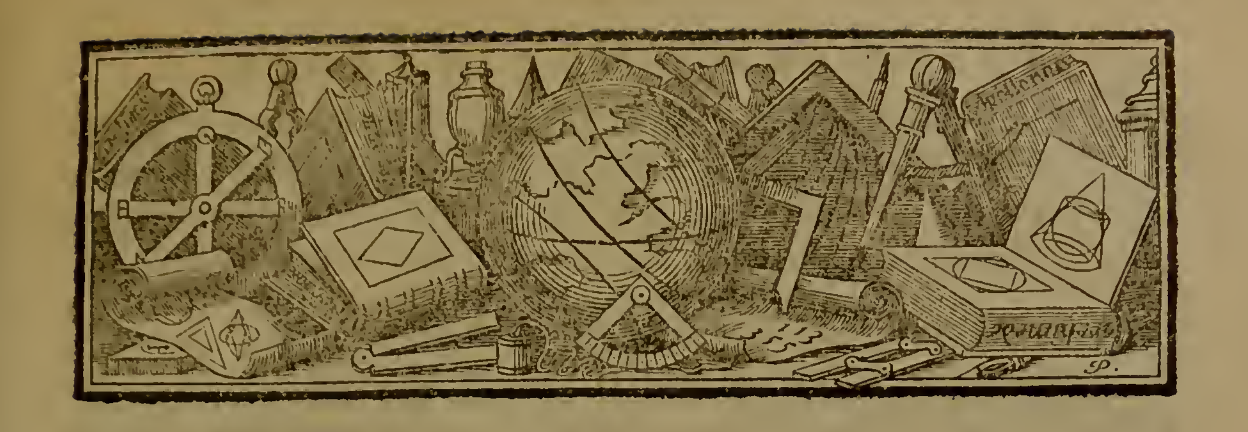
AVERTISSEMENT

DE L'AUTEUR.

Je m'étois propofé de faire différentes corrections & additions à l'*Effai fur l'Horlogerie*, dont je donne ici une feconde Édition ; je devois même y joindre un Supplément au *Traité des Horloges marines :* mais j'ai penfé qu'il feroit plus convenable pour tous ceux qui ont déja l'*Effai fur l'Horlogerie* , d'en donner féparément le Supplément, afin de n'être pas obligé d'acquérir deux fois le même Ouvrage. Cette feconde Édition eft donc la même que la premiere, me réfervant à réunir dans un même Volume l'extrait du travail que j'ai fait depuis la publication de l'*Effai fur l'Horlogerie* en 1763, & le *Traité des Horloges marines* en 1773, tant fur les Horloges aftronomiques, les Montres portatives, que fur les Horloges à longitudes. Ce nouvel Ouvrage eft très-avancé, & il ne tardera pas à paroître.

Il aura pour Titre : *De la Mesure du Temps, ou Supplément au Traité des Horloges marines, & à l'Essai sur l'Horlogerie.*





ESSAI SUR L'HORLOGERIE.

PREMIERE PARTIE.

CHAPITRE PREMIER.

De la division du Temps : Du Temps vrai, ou apparent : Du Temps moyen, ou uniforme.

1. L'HORLOGERIE eſt la ſcience de la meſure du Temps; les Pendules & les Montres ſont les machines dont on ſe ſert pour cette meſure. Il eſt donc à propos, avant que de paſſer au méchaniſme des ouvrages d'Horlogerie, de donner une notion de la maniere dont le Temps eſt naturellement diviſé.

2. Le mouvement du Soleil eſt celui dont on ſe ſert communément pour meſurer le Temps, parce que ce mouvement eſt celui que l'on obſerve le plus facilement; nous allons expliquer comment on diviſe le Temps des révolutions du Soleil.

DÉFINITION.

3. L'INSTANT où le Soleil eſt parvenu à ſa plus grande hauteur au-deſſus de l'horizon (par ſa révolution journaliere,) eſt celui que l'on appelle *Midi*. Le Temps qui s'écoule depuis le midi d'un jour au midi ſuivant, eſt ce que l'on appelle *Jour Aſtronomique* ([a]) ou *Solaire*. On diviſe le jour en 24 parties égales appellées *Heures*.

4. On diviſe l'heure en 60 parties appellées *Minutes :* la minute eſt diviſée en 60 parties que l'on nomme *Secondes*. (Les Aſtronomes diviſent la ſeconde en 60 parties qu'ils appellent *Tierces :* celles-ci en *Quartes*, &c.) Un jour eſt donc compoſé de 1440 minutes ou de 86400 ſecondes: l'heure de 3600 ſecondes, &c.

5. Tous les jours de l'année ne ſont pas exactement de même durée; car le Soleil emploie tantôt quelques ſecondes de plus depuis le midi d'un jour au midi ſuivant, & tantôt quelques ſecondes de moins. Le mouvement du Soleil eſt donc inégal, ainſi qu'il eſt aiſé de s'en convaincre : car ſi l'on a une bonne Pendule à ſecondes dont le mouvement ſoit uniforme, & qui ſoit tellement réglée, qu'après avoir été miſe avec le Soleil un jour quelconque, elle marque tous les jours 24 heures, & qu'au bout d'un an à pareil jour le midi de la Pendule ſe rencontre avec celui du Soleil, dans cette ſuppoſition il arrivera que dans les autres jours de l'année la Pendule aura marqué midi, tantôt avant & tantôt après le midi au Soleil. Or puiſque le mouvement de la Pendule eſt ſuppoſé uniforme, il faut néceſſairement que la différence qui ſe trouve entre les deux midis ſoit cauſée par la variation du Soleil.

6. Si donc on a une Pendule telle que nous venons de le

[a] Dans l'uſage civil on compte un jour depuis minuit, ou douze heures de la nuit, juſqu'à minuit ſuivant.

ſuppoſer, & qu'on la mette le 23 Décembre au midi à l'inſtant que le Soleil le marque, on verra que, pendant le cours de l'année, les deux midis différeront entr'eux ſelon les quantités que nous allons rapporter.

7. Le lendemain 24 Décembre le midi au Soleil retardera de 30 ſecondes ſur celui de la Pendule, & cet écart ira toujours en augmentant juſqu'au 11 Février, jour auquel le midi du Soleil retardera de 14 minutes 39 ſecondes ſur celui de la Pendule; depuis le 11 Février ce retard ira en diminuant juſqu'au 14 Avril que le midi au Soleil commencera d'avancer & continuera juſqu'au 15 Mai, jour où l'accélération ſera de 4 minutes une ſeconde. Le midi au Soleil ſe rapprochera inſenſiblement de celui de la Pendule; & le 15 Juin les deux midis ſeront de nouveau enſemble. Le 16 Juin le midi au Soleil commencera à retarder ſur le midi de la Pendule, & il continuera ainſi juſqu'au 25 Juillet, que le midi au Soleil ſera en retard de 6 minutes préciſes ſur celui de la Pendule: ce retard ira en diminuant juſqu'au 31 Août, jour où les deux midis ſeront d'accord. Enfin le 1 Septembre le midi au Soleil commencera d'avancer ſur celui de la Pendule; il continuera d'avancer de plus en plus juſqu'au 1 Novembre: il avancera ce jour de 16 minutes 10 ſecondes; dès-lors il commencera de ſe rapprocher, de ſorte que les deux midis ſeront de nouveau d'accord le 23 Décembre.

8. Les différences que l'on aura apperçues entre le midi au Soleil & celui de la Pendule, prouvent donc l'inégalité des jours & des heures qui ſont meſurées par le Soleil. C'eſt par cette raiſon que les Aſtronomes ont été obligés d'imaginer des jours tous égaux entr'eux, ou de 86400 ſecondes: ils ſont moyens proportionnels entre le plus long & le plus court des jours ſolaires inégaux; ils ſont chacun exactement la 365e partie de la durée d'une année commune, au lieu que les jours ſolaires vrais, ſont tantôt d'un peu plus & tantôt d'un peu moins que cette 365e partie. Enfin les heures ou les 24e parties de ces jours, qu'on appelle *moyens*, ſont parfaitement égales entr'elles.

9. On appelle *Temps moyen* ou *égal* celui qui eſt ainſi réduit à l'égalité ; c'eſt le même qui eſt marqué par la Pendule comparée, comme nous venons de le dire.

10. Le Temps qui eſt marqué par les Méridiennes & par les Cadrans ſuppoſés bien conſtruits, eſt le Temps *vrai*. On l'appelle auſſi *apparent*, parce que c'eſt celui que le Soleil nous montre, en paroiſſant faire chaque jour un tour autour de la Terre, quoique ce ſoit réellement la Terre qui, en tournant ſur ſon axe, préſente au Soleil ſucceſſivement tous les points de ſa ſurface.

11. On appelle *Equation du Temps* ou *des Horloges*, la différence qu'il y a entre le midi au Soleil & celui de la Pendule, c'eſt-à-dire, du temps vrai au temps moyen.

Nous allons expliquer d'après les Aſtronomes quelles ſont les cauſes de la variation du Soleil.

12. Le jour naturel ou ſolaire n'eſt pas proprement meſuré par une révolution entiere de la Terre ſur ſon axe, mais par le Temps qui s'écoule, tandis que le plan d'un Méridien ([a]) qui a paſſé ſous le Soleil, vient à y repaſſer une ſeconde fois par la révolution de la Terre. Or ſi la Terre n'avoit point d'autres mouvements que celui de ſa rotation autour de ſon axe, tous les jours ſeroient exactement égaux les uns aux autres, & auroient tous pour meſure le temps de la révolution de l'Equateur terreſtre ([b]); mais cela n'eſt pas tout-à-fait ainſi. Car tandis que la Terre tourne autour de ſon axe, elle avance en même temps dans ſon orbite ([c]); de ſorte que quand un Méridien qui a paſſé par le centre du Soleil, a fait une révolution entiere, ce Méridien ne ſe retrouve pas préciſément dirigé au Soleil.

13. Soit (*Planche I, fig.* 1) *S* le Soleil ; & ſoit *AB* une portion de l'Ecliptique. Suppoſons que la ligne *MD* repréſente

[a] On entend par Méridien un Plan qui coupe la terre par ſes Poles, & qui continué, paſſe par le centre du Soleil lorſque cet aſtre eſt le plus élevé au-deſſus de l'horizon du lieu où l'on conçoit le Plan : chaque lieu de la Terre a ſon Méridien.

[b] L'Equateur eſt un grand cercle qui eſt également éloigné des deux Poles de la Terre qu'il diviſe en deux parties égales ; ſon plan eſt perpendiculaire à l'axe de la Terre.

[c] L'orbite de la Terre eſt le chemin qu'elle trace dans le Ciel en tournant autour du Soleil par ſa révolution annuelle. C'eſt la même choſe que l'Ecliptique.

un Méridien quelconque dont le Plan prolongé passe par le centre du Soleil lorsque la Terre est en *A*. Imaginons ensuite que la Terre avance dans son orbite, & qu'en faisant une révolution autour de son axe elle arrive en *B*, le Méridien *MD* se trouvera dans une position *md* parallele à la premiere *MD*; par conséquent le Méridien dans ce nouvel état ne passera pas par le centre du Soleil, & les peuples qui y sont placés n'auront pas encore midi : il faut pour cela que le Méridien *dm* fasse encore un mouvement angulaire, & décrive l'angle *dBf*, afin que son Plan puisse passer par le Soleil. Les jours solaires sont donc plus longs que le temps d'une révolution de la Terre sur son axe.

14. Cependant si les Plans de tous les Méridiens étoient perpendiculaires au Plan de l'orbite terrestre, & si la Terre parcouroit son orbite avec un mouvement uniforme, l'angle *dBf* seroit égal à l'angle *BSA*, & les arcs *df* & *AB* seroient semblables ; par conséquent l'intervalle d'un midi à l'autre seroit toujours le même, puisque l'arc *AB* & l'angle *Bdf* seroient toujours de la même quantité de degrés ; tous les jours solaires seroient donc égaux, & le Temps moyen seroit le même que le Temps vrai.

15. Mais les choses sont bien autrement, car la Terre n'a point un mouvement uniforme dans son orbite ; lorsqu'elle est plus distante du Soleil, elle décrit un plus petit arc, & lorsqu'elle en est plus près, elle décrit un plus grand arc ([a]) dans le même temps. D'ailleurs les plans des Méridiens ne sont point perpendiculaires à l'Ecliptique, mais à l'Equateur ; & cette seule raison, indépendamment de l'inégalité du mouvement de la Terre, doit rendre les jours inégaux ; car l'Ecliptique fait avec l'Equateur un angle d'environ 23 degrés $\frac{1}{2}$. Or si on divise l'Ecliptique en plusieurs arcs égaux qui représentent le chemin (supposé uniforme) du Soleil pendant chaque jour, & que par les Poles du monde & par chacun des points de division on fasse passer des Méridiens célestes, les arcs de

[a] Cette inégalité du mouvement de la Terre est causée par l'excentricité de l'orbite qu'elle décrit autour du Soleil.

l'Equateur compris entre les Méridiens ne feront point égaux entr'eux comme les arcs de l'Ecliptique; par conféquent la diftance entre le moment où le Soleil paffe par un Méridien & le moment du jour fuivant où il retourne à ce même Méridien, ne fera pas le même pour tous les jours de l'année.

16. Nous fubftituons ici au mouvement réel de la Terre le mouvement apparent du Soleil, qui produit le même effet, & qui rend la chofe un peu plus facile à entendre.

17. Ainfi en fuppofant même que le Soleil eût un mouvement uniforme dans l'Ecliptique, le temps qui coule uniformément ne pourroit être repréfenté par l'intervalle entre le midi d'un jour & le midi d'un autre. Or le Soleil ne fe meut pas uniformément dans fon orbite; ainfi cette caufe jointe à celle de l'inclinaifon de l'Equateur, forme les inégalités que l'on remarque dans le mouvement du Soleil : ce font ces inégalités qui forment l'Equation du Temps.

18. Les Aftronomes ont donc calculé des Tables d'Equations, qui marquent pour tous les jours de l'année la différence du Temps vrai au Temps moyen. Elles font d'un grand ufage pour régler les Pendules & les Montres. On en trouvera à la fin de cet Ouvrage: la maniere de s'en fervir eft expliquée au Chapitre XX.

19. Je ne m'arrêterai pas à faire voir comment les Aftronomes ont déterminé les écarts du Soleil, & calculé les Tables d'Equations; cela n'entre pas dans le plan de mon Ouvrage: il fuffit que l'on voie en gros l'origine de ces variations, & que l'on trouve le réfultat des Calculs des Aftronomes. Au refte ceux qui defireront mieux connoître cette matiere, peuvent confulter les *Inftitutions Aftronomiques de Keill*, traduites par M. le Monier, & l'Article *Equation du Temps* du feptieme volume de l'Encyclopédie. Cet article eft de M. d'Alembert; c'eft d'après lui que j'ai expliqué les caufes des variations du Soleil.

CHAPITRE II.

Description d'une Machine propre à mesurer le Temps, avec les définitions des principaux termes de l'Horlogerie.

20. Si l'on suspend un corps quelconque *A* (*Pl. I. fig.* 2.) à un fil; qu'on l'éloigne de la verticale *v*, qu'on l'amene quelque part en *x*, & qu'on l'abandonne ensuite à lui-même, l'action de la pesanteur sur le corps le fera descendre en *v*, & par la vîtesse acquise il remontera du côté opposé à la même hauteur dont il étoit descendu; ensuite il redescendra par sa pesanteur, & continuera ainsi à se mouvoir de droite à gauche & de gauche à droite, par l'action de la pesanteur jointe à la qualité que tout corps a de se conserver dans son état actuel, soit de repos, soit de mouvement.

21. On nomme *Pendule* un corps *A* ainsi suspendu & disposé à se mouvoir autour du point fixe du fil.

22. On nomme *Vibration* ou *Oscillation*, , le mouvement que fait le Pendule pour aller de droite à gauche, ou pour revenir de gauche à droite.

23. Un Pendule ainsi mis en mouvement, iroit perpétuellement de la même maniere, s'il n'étoit rallenti petit à petit par la résistance de l'air, & par la roideur du fil au point de suspension. Si donc on compte un certain nombre de vibrations ([a]), on pourra s'en servir pour mesurer le Temps;

[a] Nous supposons ici que l'on ne connoisse aucune machine qui puisse mesurer le Temps, & que l'on ignore quelle doit être la longueur d'un Pendule pour battre un nombre donné de vibrations en une heure. Or dans ce cas il faudroit effectivement compter les vibrations du Pendule, mais comme la théorie du Pendule est très-connue, on peut se dispenser d'une telle opération. Mon but étant principalement de faire concevoir l'effet des machines qui mesurent le Temps, en commençant par les notions les plus simples, j'ai pu faire cette supposition.

car s'il fait 100 vibrations par heure, il en fera 200 en deux heures, 2400 en 24 heures, & ainsi de suite : mais on voit que l'on ne pourroit connoître par ce moyen les parties du Temps, que dans le cas où on seroit toujours présent pour compter les vibrations. D'ailleurs l'expérience qui nous a appris que le mouvement du Pendule diminue sensiblement, nous a fait connoître aussi, que les vibrations se font en un moindre temps, à mesure qu'elles diminuent d'étendue, de sorte que l'on ne mesureroit pas exactement le Temps en comptant des vibrations inégales ; ainsi la méthode de mesurer le Temps par le nombre des vibrations d'un Pendule seul, seroit très-incommode & peu exacte. Il faudroit donc appliquer près de ce Pendule une puissance qui lui restituât à chaque vibration la même quantité de mouvement qu'il perd, de maniere que les vibrations fussent toujours de même étendue, & se fissent par conséquent dans le même temps. Enfin il faudroit ajouter près de ce Pendule des pieces qui communiquassent tellement avec lui, qu'elles fissent l'office de *Compteur.*

Nous allons faire voir comment on pourroit disposer très-simplement une machine pour produire à la fois ces deux effets.

24. Supposons donc maintenant que l'on attache sur une verge de fer *ab* (*Pl. I. fig.* 3) un corps *A*, & que la partie *B* de cette verge soit mobile sur l'angle du couteau *C* autour duquel le corps *A* peut se mouvoir de même que s'il étoit suspendu par un fil. Supposons de plus que l'on fixe en *B* une branche *Bcd* qui porte les deux talons *cd*, & que l'on place près de cette branche du Pendule une roue *C* (dentée comme on le voit) qui puisse tourner sur elle-même. Si dans cet état on suspend un poids à un fil enveloppé sur l'axe de la roue *C*, & qu'enfin cette roue communique tellement avec la piece *Bcd*, qu'à chaque vibration du Pendule un des bras *d* ou *c* permette à une dent de la roue de s'échapper, celle-ci servira de *Compteur*; car lorsque le Pendule monte en *z*, la branche *d* montera en *d*; ensorte que la dent de la roue qu'elle retenoit s'échappera, la roue étant entraînée par l'action du poids, tandis que le bras *c* s'engagera dans l'intervalle d'une dent

dent inférieure; à chaque vibration, il n'échappera donc qu'une dent; & lorſque le Pendule redeſcendra, la branche *d* s'engagera dans les dents de la roue, tandis que la branche *c* laiſſera échapper une dent, & ainſi de ſuite, à meſure que le Pendule fait ſes vibrations.

25. Or on peut ſe ſervir en même temps de l'action du poids ſur la roue, pour reſtituer au Pendule la force qu'il perd à chaque vibration: pour cet effet il faut former ſur les bras *d, c,* des plans inclinés ſur leſquels agiront alternativement les dents de la roue, en ſorte que chaque dent tende à écarter les bras *c* & *d* avant de s'échapper.

26. Enfin ſi l'on ſuppoſe que la roue *C* porte 60 dents, & que chaque vibration du Pendule ſe faſſe en une ſeconde, chaque révolution de la roue ſera de 120 vibrations du Pendule; car lorſqu'une dent *c* a communiqué ſa force au bras *c*, elle s'échappe, & elle continue à tourner à meſure que les autres dents agiſſent ſucceſſivement ſur chaque bras; & lorſque cette dent *c* eſt parvenue en *d*, elle agit ſur le bras *d*; le Pendule fait ſa vibration, elle s'échappe; & continuant de tourner, elle va de nouveau agir en *c*, en ſorte qu'à chaque tour de la roue, la même dent agit deux fois ſur le Pendule. Or chaque dent de la roue produit le même effet; le Pendule fait donc un nombre de vibrations double du nombre des dents de la roue: mais nous avons ſuppoſé que la roue a 60 dents; le Pendule fait donc 120 vibrations pendant que la roue fait un tour. D'ailleurs chaque vibration étant d'une ſeconde, la roue reſte 120 ſecondes ou deux minutes à faire une révolution.

27. Si donc on place ſur l'axe prolongé de cette roue une *aiguille* ou index *m*, qui tourne en même temps que la roue, & que l'on diviſe un cercle ou cadran *R* en 120 parties, cette aiguille marquera les ſecondes par ſon paſſage ſur chaque diviſion, & la révolution de l'aiguille indiquera qu'il s'eſt écoulé deux minutes. On auroit donc une machine qui entretiendroit le mouvement du Pendule, & qui ſerviroit de Compteur. Mais comme la vîteſſe des révolutions de la roue

exigeroit que l'on renveloppât fort souvent le fil sur son axe, & qu'ainsi l'on ne pourroit connoître les parties du temps que de deux en deux minutes, à moins que l'on ne fût toujours présent pour compter le nombre des révolutions de la roue, il faudra donc ajouter quelques autres pieces pour éviter cet embarras [a].

28. On pourra donc ajouter une roue *D* qu'un poids tende à faire tourner, & dont les dents par conséquent agiront sur les dents d'une petite roue *e* que l'on fixera sur l'axe de la roue *C*: si on suppose que cette roue *D* porte 108 dents, qui est un nombre assez grand, & la petite roue *e* six dents, alors la roue *D* emploiera dix-huit fois plus de temps à faire un tour que la roue *C*; car chaque dent de la roue *D* fera avancer une dent de la petite roue *e*: ainsi, lorsqu'elle aura avancé de six dents, la petite roue *e* aura aussi avancé de ses six dents, & par conséquent elle aura fait un tour, aussi bien que la roue *C* à laquelle elle est fixée; & ainsi lorsque la roue *D* aura fait un tour, la roue *C* en aura fait 18, nombre qui exprime combien de fois *6*, nombre des dents de la roue *e*, est contenu dans 108 nombre des dents de la roue *D*; mais la roue *C* reste deux minutes à faire un tour, la roue *D* reste donc 18 fois 2 minutes à faire une révolution, c'est-à-dire, 36 minutes.

29. On appelle *Pignons* les petites roues dont les dents engrenent dans celles d'une plus grande roue. Le pignon appartient à la roue sur l'axe de laquelle il est fixé. Ainsi la roue *e* s'appelle *le pignon de la roue* C.

30. L'addition de la roue *D* n'étant pas suffisante pour avoir une révolution assez lente pour marquer les heures, & d'ailleurs cette roue *D* tournant en sens contraire de la roue *C*, on ajoutera encore une roue *E* qui ait 120 dents, laquelle engrenera dans les dents d'un pignon *f*, que l'on fixera sur l'axe de la roue *D*: ce pignon *f* aura *6* dents; ainsi, selon ce que nous avons dit, il fera 20 révolutions pour une

[a] Il seroit bien possible de faire la roue *C*, de maniere qu'elle fît un tour par heure, mais ce moyen seroit très-défectueux; car cette roue qui devroit avoir 1800 dents, deviendroit fort grande & pesante.

de la roue *E*. Or la roue *D* reste 36 minutes à faire une révolution ; la roue *E* restera vingt fois 36 minutes, ou 720 minutes, (qui sont 12 heures), à en faire une. Faisant donc porter par l'axe prolongé de cette roue *E* une aiguille *S*, & en traçant sur la plaque *G G*, autour de l'axe, des cercles concentriques dont l'un soit divisé en 720 parties partagées de 60 en 60, & l'autre en 12 parties, le passage de l'aiguille sur les divisions du premier, indiquera les minutes, & son passage sur les divisions du second indiquera les heures.

31. Enfin en adaptant sur l'axe de la roue *E*, une poulie *H*, dont le fond soit hérissé de pointes pour arrêter la corde *I*, qui est enveloppée sur cette poulie, l'action du poids *P* sur cette corde, entraînera la poulie [a], & par conséquent la roue *E*; celle-ci communiquera à la petite roue *f* sa force qui sera transmise par le moyen des autres roues *D*, *e*, *C*, jusqu'au Pendule, en sorte que le Pendule une fois mis en mouvement, continuera à se mouvoir, & que les roues marqueront, par leurs révolutions, les parties du temps divisé par le Pendule.

32. L'on aura donc par ce moyen une machine propre à mesurer le temps, & qui pourra marquer les heures, les minutes & même les secondes.

33. Une telle machine sera donc une des plus simples que l'on puisse exécuter pour produire un tel effet, & la justesse de son mouvement sera très-grande. Car c'est une propriété du Pendule que ses vibrations de même étendue sont toujours de la même durée ; or l'action du poids *P* est constamment la même, soit qu'il agisse lorsqu'il est monté jusqu'à la poulie, ou lorsqu'il est à 10 ou 20 pieds au-dessous ; sa pesanteur est toujours la même ; il imprime donc la même force aux roues, quelle que soit sa situation ; il ne peut y avoir de différence que le poids de la corde, laquelle étant plus longue à mesure que le poids descend, augmente la pesanteur du poids ; mais cette différence est si petite, qu'on ne doit pas en tenir compte : ainsi la roue *C* transmettra toujours sensiblement la

[a] Car ce poids *P* n'est retenu que par le contre-poids *p* qui est beaucoup plus léger, & seulement capable d'obliger la corde de s'enfoncer dans les pointes de la poulie.

même force ; le Pendule décrira les mêmes arcs ; les vibrations feront donc de la même durée, &c.

34. Lorfque ce poids féra entiérement defcendu, afin de le remonter facilement, on conftruira la poulie *H* de cette maniere : on attachera fur la roue *E* une piece *K* appellée *Cliquet*, avec une vis fur l'axe de laquelle il puiffe tourner. On fixera à côté de la poulie & fur fon axe une roue *L* dentée comme on le voit dans la figure. (Une roue taillée de cette forte s'appelle un *Rochet*). L'on attachera auffi fur la roue *E* un reffort *M* qui, s'appuyant fur le cliquet *K*, l'obligera de s'engager en dedans des dents du rochet *L*, toutes les fois qu'en tournant elles s'échapperont de deffous le cliquet. (Ce méchanifme s'appelle *Encliquetage*). Lors donc que l'on voudra remonter le poids *P*, on tirera en en-bas le contre-poids *p* dont la corde obligera la poulie de rétrograder, ce que le cliquet *K* lui permettra de faire ; car les côtés inclinés des dents du rochet *L* écarteront fucceffivement le cliquet *K* que l'action du reffort *M* fera toujours retomber dans l'entre-deux ; & dès qu'on ceffera de remonter le poids *P*; fa pefanteur entraînera la poulie *H*; mais les côtés droits des dents du rochet *L* arcbouteront contre le cliquet *K*, ainfi la poulie ne pourra tourner fans entraîner avec elle la roue *E*.

35. Ayant ainfi déterminé la difpofition de cette machine, on fixera fur la plaque *NO* le couteau qui doit porter le Pendule. Cette plaque pourra s'attacher contre un mur avec deux clous. On élevera à la diftance d'environ deux pouces, la plaque ou cadran *GG*, au moyen des *piliers QQ*, &c. ces deux plaques *NO*, *GG*, paralleles entr'elles, formeront ce qu'on appelle la *Cage*, dans laquelle on placera les roues *D*, *E*, *C*, & leurs pignons. Les axes de ces roues feront terminés par de plus petits axes qu'on appelle *Pivots*, lefquels entreront dans des trous faits aux deux plaques, en forte que les roues tourneront librement fur elles-mêmes par le moyen de ces pivots.

Définitions ou Explications des termes & des noms des principales pieces d'une Machine propre à mesurer le Temps.

36. LE Pendule *AB* dont le mouvement regle la marche des roues, s'appelle le *Régulateur*, parce que l'égalité de la durée de ses vibrations réduit à un mouvement uniforme celui des roues que le poids moteur tend à rendre accéléré.

37. On appelle *Vibrations* ou *oscillations isochrones*, celles qui sont d'une égale durée de temps. Elles sont alors de même étendue (33).

38. On appelle *Echappement* l'effet composé de la roue *C* sur les bras *c*, *d*, pour imprimer au Pendule la force requise pour l'entretenir en mouvement, & de l'action réciproque des bras *a*, *b*, sur les dents de la roue qui ne peuvent échapper que par les vibrations du Pendule (24).

39. La roue *C* s'appelle *Roue d'échappement* ou *Rochet d'échappement*. La piece *Bcd* s'appelle *Ancre* ou *Piece d'échappement*.

40. On nomme *Engrenage* l'action d'une roue sur un pignon pour le faire tourner. Les pignons sont ordinairement construits en acier, & les roues en cuivre.

41. On nomme *Rouage*, un assemblage de roues & de pignons pour produire un certain mouvement. Telles sont les roues *E*, *D*, *C*, & leurs pignons *e*, *f*.

42. On appelle le *Moteur* un *Agent* quelconque, tel qu'un poids *P*, ou un ressort bandé, qui donne le mouvement à une machine.

43. Enfin une machine semblable à celle que nous venons de décrire, s'appelle une *Pendule* ou une *Horloge*.

44. On donne communément le nom d'*Horloge* aux Pendules qui sont placées dans les clochers & châteaux. Cependant nous emploierons préférablement le mot *Horloge*, sur-tout lorsque nous aurons à parler du Pendule régulateur; afin que

l'on ne confonde pas cette partie de la machine avec la machine même.

45. Pour que le corps *A* éprouve une moindre résistance dans l'air, on le fait très-pesant, & on lui donne une forme *lenticulaire.* C'est par cette raison que l'on nomme *lentille* ce corps *A*: nous verrons dans la seconde Partie de cet Ouvrage tout ce qui concerne le régulateur d'une Horloge, & comment il doit être disposé pour agir le plus avantageusement.

46. Il nous reste à faire observer que, pour savoir le temps qu'une telle machine peut marcher sans être remontée, il faut mesurer la hauteur dont ce poids peut descendre, & la circonférence de la poulie. Je suppose donc que cette hauteur est de 6 pieds, & la circonférence de l'intérieur du canal de la poulie de trois pouces. A chaque tour de la poulie, le poids descendra d'une quantité égale à sa circonférence; ainsi le nombre de tours que la poulie fera, dépend du nombre de fois dont sa circonférence est contenue dans la longueur de la descente du poids: dans cet exemple, c'est soixante-douze pouces qui contiennent trois pouces 24 fois. La poulie & la roue *E* feront donc 24 tours, pendant que le poids descendra: or chaque tour de la roue *E* se fait en 12 heures; cette machine ira donc pendant 12 jours sans être remontée.

47. Pour prolonger le temps de sa marche, on pourra ajouter encore une roue sur laquelle on adaptera l'encliquetage qui est sur la roue *E*: on lui substituera un pignon que l'on fixera sur l'axe de cette roue, pour s'engrener dans la roue ajoutée; & selon que celle-ci aura un plus grand nombre de dents par rapport à celles du pignon, la durée du mouvement de la machine sera augmentée.

48. On peut encore allonger le temps de la marche d'une Horloge, en fixant une poulie *A* (*fig.* 4) sur la premiere roue, & plaçant la poulie *H* & l'encliquetage derriere la plaque *G G*; & faisant passer la corde par les poulies *B*, *C*, dont l'une *C* portera le poids *P*, & l'autre *B* le contre-poids *p*, les deux bouts de la corde devront être joints, & de maniere à pouvoir passer alternativement sur les quatre poulies *A*, *B*, *C*, *H*; de

cette maniere on double la longueur de la corde, & par conséquent le temps de la marche de l'Horloge, sans être obligé de la placer plus haut; mais aussi il faut doubler la pesanteur du poids *P*, parce que la poulie *H* qui ne contribue en rien au mouvement de l'Horloge, supporte la moitié du poids *P*, de sorte qu'il n'y a que l'autre moitié qui fasse l'office de moteur.

REMARQUE I.

49. DANS le dessein de la machine que nous avons décrite, nous avons placé le Pendule à côté du rouage, afin d'en faire mieux voir tout le méchanisme. On le place ordinairement derriere le rouage, quoique cela soit d'ailleurs assez indifférent.

50. Si l'on exécutoit la machine telle que nous venons de la décrire, elle auroit, quoique l'une des plus simples que l'on puisse employer pour la mesure du temps, quelques défauts que l'on a soin d'éviter dans les constructions que l'on met communément en usage: le premier, c'est que l'aiguille des secondes faisant un tour en deux minutes, les divisions du cadran seroient trop petites, ou le cadran devroit être fort grand. Dans les Horloges ordinaires, on fait faire un tour par minute à cette aiguille.

51. Le second, c'est que le cadran *GG* qui marque les heures en même temps que les minutes, devroit être très-grand, pour que les divisions des minutes pussent être apperçues; or dans ce cas, il seroit incommode à placer: on emploie donc communément une aiguille particuliere pour marquer les minutes. Cette aiguille fait un tour en une heure, en sorte que l'aiguille qui, dans la machine que nous venons de décrire, fait un tour en douze heures, & marque en même temps les minutes, ne sert, dans les Pendules ordinaires, qu'à marquer les heures.

52. Un troisieme défaut, c'est qu'une telle machine iroit trop peu de temps sans être remontée, à moins qu'on ne la suspendît de maniere que le poids eût une fort grande descente.

53. Ces défauts ſont une ſuite du trop petit nombre de roues que nous avons employées. Car dans les Pendules à ſecondes ordinaires, il y a huit roues, lorſque l'aiguille des ſecondes n'eſt pas concentrique avec celles des heures, & des minutes; & neuf, lorſque les aiguilles des heures, des minutes & des ſecondes ont le même centre de mouvement.

54. Nous n'avons préſenté d'abord ce méchaniſme que pour faire voir ſous un ſeul aſpect les pieces requiſes pour meſurer le Temps, & pour faire ſentir la néceſſité qu'il y a ſouvent de donner aux pieces d'une machine, une diſpoſition différente de celle qu'elle doit avoir dans ſon état le plus ſimple; ce qui juſtifie la diſpoſition actuelle des Pendules, telles qu'elles ſont faites communément, & qui prouve qu'une bonne machine étant compoſée d'un certain nombre de pieces, on ne peut ſouvent les réduire ſans en augmenter les défauts.

55. Il nous reſte à obſerver que pour que la machine que nous avons décrite, produiſe ſon effet, il faut néceſſairement ſuppoſer que la plaque *NO* ſur laquelle le couteau qui ſupporte le Pendule eſt attaché, ſoit rendue fixe & invariable contre quelque point inébranlable comme un mur: car le moindre mouvement qu'elle pourroit prendre de gauche à droite ou de droite à gauche, dérangeroit la vibration du Pendule, & même arrêteroit ſon mouvement, par l'engrenement trop conſidérable qui ſe feroit de l'un ou l'autre bras de la piece d'échappement avec les dents de la roue *C*, dont la force ne feroit plus alors ſuffiſante pour l'en écarter; ceci ſert à montrer que le Pendule ne peut ſervir de régulateur dans une machine ſujette aux mouvements; il ne peut donc pas s'appliquer aux machines portatives, comme ſont les montres. Nous dirons dans la ſuite quel eſt le régulateur qu'on lui a ſubſtitué.

56. Si le Pendule ne peut ſervir de régulateur à une machine portative, un poids ne peut, par la même raiſon, agir uniformément ſur des roues que dans le cas où on ſuppoſe la machine fixe ou tranſportée toujours uniformément dans la même ligne droite, ou dans un même plan horizontal; car tout autre

autre mouvement imprimé au corps de la machine, tantôt augmenteroit, tantôt diminueroit, ou même détruiroit l'action du poids, selon que ce mouvement se feroit de bas en haut, ou de haut en bas, & selon les inégalités des différents degrés de vîtesse.

Nous dirons ci-après comment on a appliqué un moteur qui agit dans quelque sens que l'on pose la machine.

Remarque II.

57. On voit, par la nature de la machine, qu'à la fin de chaque vibration, le poids ou moteur est descendu d'une très-petite quantité, & qu'il s'arrête un instant; on voit aussi que les aiguilles tournent par petits sauts. On peut donc dire (en ne considérant que les instants de chaque vibration) que ni l'un ni l'autre mouvement n'est uniforme, puisqu'ils ont des instants de repos; mais cela ne fait rien à la justesse de la marche de la machine, parce que les vibrations du Pendule qui ont la même étendue, sont toujours isochrones ou d'égales durées.

58. On peut encore observer que le Pendule ne parcourt pas toutes les parties de l'arc qu'il décrit avec la même vîtesse; il suit en cela les loix des corps qui descendent & remontent sur des plans inclinés; car il arrive que, lorsque le Pendule descend, il se meut d'abord avec peu de vîtesse; mais elle s'accélere insensiblement, de sorte que la lentille étant arrivée dans la verticale, elle a acquis sa plus grande vîtesse; & lorsqu'elle remonte pour faire l'autre moitié de la vibration, elle diminue de vîtesse par les mêmes degrés, selon lesquels elle l'avoit acquise, de sorte que lorsque l'action de la pesanteur a détruit entiérement cette vîtesse, le Pendule commence à redescendre d'un mouvement accéléré, & ainsi de suite: or, il suit de-là que si les arcs parcourus par le Pendule, sont tous de même grandeur, il faudra autant de temps à la pesanteur pour détruire la vîtesse acquise par la chûte du Pendule, qu'il en a été employé à la lui faire acquérir; donc les temps des vibrations seront les mêmes ou isochrones.

Passons maintenant à la maniere dont on construit les Pendules ordinaires.

CHAPITRE III.

Description d'une Pendule à secondes & à sonnerie.

Planche II, fig. 2.

59. Les roues *A, B, C, D, E* sont celles du mouvement ou qui servent à mesurer le temps. Sur l'axe de la roue *A* est fixé un cylindre [a] *LL*, sur lequel s'enveloppe la corde qui porte le moteur. *Pl. III, fig.* 1, représente le profil du cylindre, & on voit le poids suspendu à la corde qui s'enveloppe sur le tambour *LL.* Ce cylindre & son axe sont concentriques à la roue *A*, & peuvent tourner séparément de cette roue d'un côté seulement; c'est pour remonter le poids ou moteur, sans faire rétrograder les roues : c'est l'effet de l'encliquetage que nous avons expliqué ci-devant (34), ce qui se fait ici de la maniere suivante.

60. Sur l'axe ou arbre sur lequel le cylindre est fixé, est aussi attaché le rochet *R* (*Pl. II, fig.* 2) sur lequel agit le

[a] On se sert d'un cylindre préférablement à une poulie, par la raison que l'on est assuré que le poids agit toujours avec la même puissance sur le rouage; au lieu qu'avec une poulie la corde peut s'enfoncer plus ou moins sur les pointes, ce qui augmenteroit ou diminueroit l'action du poids : d'ailleurs avec une poulie, il faut se servir de cordes de soie, qui doivent être pénétrées par les pointes de la poulie. Ces pointes déchirent la corde, & causent un duvet qui peut faire arrêter ou varier la Pendule. On emploie donc avec un cylindre une corde à boyau, dont un bout s'attache au cylindre, & l'autre porte le poids. Une telle corde dure très-long-temps, & ne cause aucun inconvénient; mais il est bon de prévenir ici une objection, que des gens peu instruits font assez souvent. Une corde à boyau (disent-ils) s'allonge par la sécheresse, & s'accourcit par l'humidité, cela ne doit-il pas changer la justesse de la machine? Il est aisé de les désabuser, car nous avons fait voir (n° 33) que soit que le poids agisse lorsqu'il est remonté au haut, ou qu'il est descendu au bas de sa chûte, son action est toujours la même; or, par une suite du même raisonnement, l'effet de la sécheresse se bornera à faire descendre le poids un peu plus bas, ce qui ne change en rien son action.

cliquet *o* porté par la roue *A*, ainſi que le petit reſſort *r* qui preſſe continuellement ce cliquet contre le rochet *R*. L'orſqu'on fait tourner le cylindre *L* & ſon rochet de maniere à remonter le poids *P*, les plans inclinés des dents du rochet, éloignent le cliquet *o* qui pour lors obéit & s'éloigne du centre *R*; mais lorſqu'on tourne du ſens contraire, les parties droites de ces dents arcboutent contre le bout du cliquet, ainſi le cylindre *L* ne peut tourner ſans faire auſſi tourner la roue *A*; lors donc qu'on a remonté le poids, & qu'on ceſſe de le ſuſprendre, il agit ſur le cylindre qui porte le rochet *R*, & fait tourner la roue *A*, ainſi que je viens de le dire.

61. La roue *A* a 84 dents; elle engrene dans le pignon *a* de 12 dents, qui porte la roue *B*; celle-ci a 80 dents & engrene dans le pignon *b* de 10 dents, ſur lequel eſt fixée la roue *C* qui a 80 dents; celle-ci engrene dans un pignon *c* de 10 dents; ce pignon porte la roue *D* qui a 75 dents; celle-ci engrene dans le pignon *d* de dix dents; ſur ce pignon eſt fixé le *rochet* ou roue *E* d'échappement, laquelle fait un tour en une minute. Elle a 30 dents.

62. Les pivots des roues *A*, *B*, *C*, *D*, *E* entrent & roulent dans les trous de la cage *Xz NN* repréſentée *Pl. III*, *fig.* 1. On voit ces roues en profil. *I* eſt le bout du pivot de la roue *E* d'échappement, c'eſt ce pivot prolongé qui porte l'aiguille des ſecondes.

63. Le pignon *c* de la roue *D* eſt aſſez long pour paſſer au travers de la platine *Xz* (qu'on appelle la *Platine des piliers*) pour pourvoir engrener dans la roue *M* vue en perſpective (*fig.* 2). Le pivot de ce pignon entre dans le petit pont *P* qui tient lieu de platine. Ce pignon *c* engrene donc dans deux roues, dans celle *C* qui le mene, & dans celle *M* qu'il fait mouvoir; cette roue *M* a 80 dents & le pignon *c* 10 : ce pignon fait donc huit tours, tandis que la roue *M* en fait un. Mais la roue *D* qui porte le pignon *c*, a 75, & le pignon *d* 10 : elle fait donc faire 7 tours $\frac{1}{2}$ (28) à ce pignon; or ce pignon fait un tour par minute. La roue *D* fait donc ſon tour en 7 minutes $\frac{1}{2}$: le pignon *c*, & par conſéquent la roue *D* fait 8 tours pour

un de celle *M*; si donc on multiplie ces 8 tours par 7 $\frac{1}{2}$, on trouve que la roue *E* fait 60 tours pendant que la roue *M* en fait un, lequel s'acheve par conséquent en une heure.

64. La roue *M* (*fig.* 2) se place à frottement sous la roue *m*; celle-ci est rivée sur un canon *n o* qui sert à porter l'aiguille des *minutes* : le trou de ce canon *n o* entre librement sur le canon *u* du pont *P* (*fig.* 2). Ce pont s'attache à la platine *X z* (*fig.* 1) au moyen de trois vis. Il est percé d'un trou propre à laisser passer librement le pivot prolongé *I* de la roue d'échappement : de cette maniere les roues *M* & *m* (*fig.* 2) ont le même centre de mouvement que la roue d'échappement; c'est ce qui rend les aiguilles concentriques : ces roues ainsi placées sur le pont & sur la platine *X z*, la roue *m* engrene alors dans la roue *n* de *renvoi* qui a même diametre & même nombre que la roue *m*, & fait par conséquent aussi un tour par heure : sur cette roue *n* est fixé le pignon *b* qui tourne dans la petite cage formée par la platine & le pont *K*. Ce pignon *b* a six dents; il engrene dans la roue *G* de *cadran*; celle-ci à 72 dents; le pignon fait donc douze tours pour un de cette roue qui par conséquent reste douze heures à faire un tour : le canon sur lequel elle est rivée, porte l'aiguille des heures.

65. La partie *n* du canon *o n* (*fig.* 2) entre juste dans le trou de la roue *M*, & ces deux roues *M*, *m* peuvent tourner séparément, elles sont retenues & pressées l'une contre l'autre par la *clavette c*, dont le trou alongé entre dans l'entaille faite au canon. Cette clavette fait faire par sa pression un frottement aux roues *M*, *m*, en sorte qu'elles ne tournent séparément que lorsqu'on tourne avec la main l'aiguille des minutes, laquelle s'ajuste sur le canon *o*. On voit que si la roue *M* eût été fixée sur ce canon, on n'auroit pas pu remettre l'aiguille des minutes à l'heure, sans faire tourner le pignon *c* & tout le rouage, ce qui n'auroit pu se faire; d'ailleurs par le moyen de ce frottement, lorsqu'on tourne l'aiguille, la roue *m* fait tourner aussi la roue de renvoi, & celle-ci la roue de cadran, ainsi que son aiguille, laquelle avance à proportion du chemin que fait l'aiguille des minutes.

66. *Zm* (*fig.* 1) repréſente le pont ſur lequel le canon de la roue de cadran roule. Ce pont ſert à retenir la roue des minutes, & à l'empêcher de s'éloigner de la platine, ce qui ſe fait au moyen de l'aſſiette de la roue *m*, laquelle touche deſſous ce pont.

67. On appelle *Roues de Cadran* les roues ſituées en dehors de la platine des piliers *Xz*. On leur donne ce nom, parce que le cadran eſt placé au-deſſus de ces roues parallelement à la platine *Xz*.

68. La figure premiere de la ſeconde Planche, fait voir en plan la diſpoſition des roues de cadran, & du reſte de la *Cadrature*; c'eſt ainſi qu'on appelle l'aſſemblage des pieces qui ſont placées entre le cadran & le mouvement qui forme le corps de l'Horloge.

69. (Planche II, figure 2), *Hyx* repréſente *l'ancre* ou *piece d'échappement*, ſur laquelle les dents de la roue d'échappement *E* agiſſent, comme nous l'avons expliqué (art. 24.) Cette piece *H* (*Pl. III, figure* 1 & 3.) entre à force ſur un quarré fait à la tige *T*. Un des pivots de cette tige entre dans le trou de la vis *V* attachée à la platine *Xz* : le trou pratiqué dans cette vis pour recevoir le pivot, n'eſt point au centre de *V*, ce qui ſert à faciliter l'exécution de l'échappement, en rapprochant ou écartant du centre de la roue d'échappement celui de l'ancre. L'autre pivot entre dans un trou fait au coq *IY*; on fixe ce coq ſur la platine *NN* par deux fortes vis; ſur cette tige *T* eſt encore fixée la fourchette *F* qui ſert à communiquer au Pendule *W* [a] (dont on ne voit ici qu'une partie de la verge) la force du rouage dont ce Pendule reglo le mouvement. La partie *W* de la verge s'attache à la piece de ſuſpenſion *S*, au moyen d'une cheville qui ſuſpend la verge & ſa lentille. La piece de ſuſpenſion *S* (*fig.* 4) eſt formée par deux lames de reſſorts très-minces & déliées qui

[a] Pour que le Pendule batte les ſecondes, il faut que du point *S* de ſuſpenſion au centre de la lentille, il y ait 3 pieds 8 lignes $\frac{57}{100}$, ſi on ſuppoſe la verge ſans peſanteur & la lentille très-petite; mais comme cela n'eſt pas, il faut qu'il y ait environ 3 pieds un pouce de diſtance du centre de la lentille à celui de ſuſpenſion.

font prifes entre 4 plaques 1, 2, attachés par des vis. A chaque bout des refforts font fixées par des chevilles les pieces *r*, *s*, *t*, *u*,

70. La piece *S* entre dans une fente *I* faite au coq *IY*, (*fig.* 3;) une vis fert à l'y attacher en la ferrant, lorfque le Pendule a pris fon à-plomb; alors la piece *S* ne peut plus tourner, & les lames de refforts agiffent fuivant que le Pendule les y oblige.

71. (*Pl. II, fig.* 2) Pendant qu'on remonte le poids *P*, la main le foutient de maniere qu'il n'agit plus fur le rouage, qui cefferoit de fe mouvoir fans la piece *Æ G*, laquelle porte une cheville *Æ*, qui paffe dans une entaille faite au cadran. Voici l'effet de cette piece; avant de remonter le mouvement, on fait monter cette cheville dans fon entaille, ce qui tend en même temps le reffort *z*, & fait engager le bras *G* dans les dents de la roue *D*; ainfi ce bras entraîné par le reffort *z*, fait tourner la roue pendant tout le temps qu'on remonte le poids.

REMARQUE.

72. Lorfque l'on ne place pas l'aiguille des fecondes au centre du cadran, mais qu'on lui donne un cadran particulier, la difpofition des roues de cadrans en devient beaucoup plus fimple : voici une idée de l'arrangement que l'on donne à la piece.

73. On place les roues *C*, *D*, *E* (*Pl. II, fig.* 2) fur une même ligne, comme cela fe voit (*Pl. V*, *fig. I*) la roue *D* eft celle des minutes, c'eft-à-dire qui fait un tour par heure; celle-ci repréfentée dans la figure 4, porte un pivot prolongé au-delà de la platine des piliers. Ce pivot entre à frottement dans le canon (*fig.* 5) fur le bout *a* duquel s'ajufte l'aiguille des minutes : fur le bout inférieur eft rivée la roue *m* vue en plan (*fig.* 3) : celle-ci engrene dans la roue de renvoi *S*, dont le pignon conduit la roue de cadran *C*, vue en perfpective (*fig.* 7) : le canon de cette roue roule fur le canon du pont *a b*. Le canon de la roue *C* porte l'aiguille des heures.

74. Les roues *C, D, E* (*Pl. I, fig.* 1) indiquent aſſez bien la diſpoſition des ſecondes excentriques; à cela près que la roue *C* doit faire un tour par minute ; & celle *E* en une heure.

75. On ſupprime donc par cette diſpoſition la roue *M* (*Pl. III, fig.* 1 & 2 ;) la clavette *c*, le pont *Pu*; & le pignon *c* (*fig.* 1) ne devant plus paſſer à la cadrature, le petit pont *P* devient auſſi inutile.

76. Le cadran des ſecondes placé de la ſorte, n'apporte à l'Horloge que les changemens que nous venons d'indiquer ; car d'ailleurs la diſpoſition de l'échappement & des premieres roues reſte la même.

77. La figure 7, Planche III, repréſente une piece que je ſubſtitue à la fourchette *E*, afin de pouvoir, par ce moyen, mettre facilement la Pendule d'échappement.

78. Le bout prolongé *C* doit porter un canon qui entre à frottement ſur la tige *T* (*fig.* 3.) La tige *B* (*fig.* 7) vue de profil (*fig.* 8,) entre dans une fente faite à la verge du Pendule pour lui communiquer la force tranſmiſe par l'échappement. Cette tige *B* porte une *aſſiette c* qui s'applique ſur la plaque (*fig.* 9,) de ſorte que le bout prolongé *b* de la tige *B*, entre dans l'entaille *b* de la piece *Cb* : le trou de la plaque *D* entre ſur la broche *b* ; celle-ci eſt percée d'un trou, dans lequel on fait entrer une goupille ou cheville qui ſert à aſſembler ces trois pieces, de maniere que la tige *B* puiſſe ſimplement ſe mouvoir à frottement le long de l'ouverture *b* (*fig.* 9). On fait ainſi mouvoir cette tige au moyen de la vis de rappel *A* qui entre à vis dans le *piton a*, & dont le bout ſe termine par un pivot qui entre dans un trou fait à la tige *b*, après laquelle il eſt retenu par la petite virole *d*, & par une goupille qui traverſe le pivot de la vis *A* : ainſi en tournant cette vis de côté ou d'autre, on fait aller ou revenir la tige *B* : or, cette tige étant entrée dans la fente faite à la verge du Pendule, elle reſtera immobile, tandis que le bout *C* ſe mouvra ſelon que l'on tournera la vis de rappel : c'eſt ce mouvement de la fourchette qui fera engrener plus ou moins l'ancre *H* d'échappement de l'un ou l'autre côté de la roue *E*, c'eſt-à-dire, qui aidera à

mettre la piece d'échappement ; en sorte qu'à chaque vibration du Pendule, les bras de l'ancre s'engagent également dans les dents de la roue.

Description de la Sonnerie.

PLANCHE II, fig. 2.

79. *T*, *V*, *X*, *Y*, *Z*, *u*, sont les roues de la sonnerie, laquelle est supposée mise en action par un ressort plié en spirale semblable à celui *fig. 5 de la Pl. VII*; ce ressort est placé dans l'intérieur d'une espece de tambour fixé avec la roue *T*; le bout extérieur de ce ressort s'accroche à la circonférence intérieure du tambour; le tambour ne forme qu'une même piece avec la roue *T*; cet assemblage s'appelle le *Barillet*. Le barillet porte un couvercle qui sert à renfermer le ressort; ce couvercle & la roue sont percés de chacun un trou concentrique qui roule fort juste sur un axe de fer; à la partie de cet axe qui est en dedans du barillet, est un crochet sur lequel s'enveloppe le ressort; & à ses deux bouts sont des pivots qui entrent dans des trous faits aux platines : le pivot qui entre dans la platine antérieure (*fig.* 1) est prolongé & limé quarrément en *q* : ce quarré passe au cadran, & sert à remonter le ressort, ce qui se fait au moyen de l'encliquetage *R V c*. Le rochet *R* entre quarrément, sur le quarré de l'axe *q*, avec lequel il est retenu par une goupille. *c* est le cliquet, lequel, à mesure que l'on tourne l'axe *q*, & que par conséquent on tend le ressort qui est dans le barillet, arrête l'effort de ce ressort : or, comme le rochet *R* ne peut rétrograder non plus que l'axe *q*, il arrive nécessairement que le bout extérieur du ressort entraîne le barillet, & le fait tourner, ainsi que les roues dans lesquelles il engrene. Décrivons maintenant ces roues, & les effets de la sonnerie. La roue *T* engrene dans le pignon 13 sur l'axe duquel est fixée la roue *V*; celle-ci engrene dans le pignon 14, sur lequel est fixée la roue *X*; celle-ci engrene dans le pignon 15 qui porte la

la roue *Y*, dont les dents engrenent dans le pignon 16 de la roue *Z*; enfin celle-ci engrene dans le pignon *u* qui porte le *volant*; ce volant eſt formé par deux aîles larges & légeres qui ſervent à retenir & modérer la vîteſſe du rouage, afin de régler l'intervalle entre chaque coup de marteau que frappera la ſonnerie : nous expliquerons cela plus au long dans le Chapitre ſuivant. Venons aux effets de la ſonnerie.

80. La roue *X* porte des chevilles placées autour de ſa circonférence, leſquelles ſervent à faire frapper le marteau *M*, à meſure que le rouage tourne.

81. Pour cet effet, au bout du manche du marteau & au même centre ſur lequel il tourne, eſt fixé un bras *I* ſur lequel les chevilles placées ſur le plan *X*, agiſſent alternativement en éloignant ce bras du centre de cette roue, (& par conſéquent en éloignant le marteau même du timbre ſur lequel il doit frapper); & lorſqu'une de ces chevilles eſt parvenue à l'extrémité du bras *I* & qu'elle en eſt échappée, alors le reſſort *r* qui preſſe continuellement le marteau, ramene le bras *I* ſur la cheville ſuivante, & en même temps fait frapper le marteau *M* ſur le timbre. Pour déterminer le nombre de coups que doit frapper le marteau, & le régler ſur les heures, l'axe prolongé de la roue *V* porte une roue *Q Q*, qu'on appelle la *Roue de compte*, à la circonférence de laquelle ſont douze entailles inégales & proportionnées au nombre de coups que le marteau doit frapper à chaque fois que la ſonnerie ſera miſe en jeu. Or pendant que la roue *V* & la roue de compte *Q Q* font un tour, le marteau doit frapper 90 coups, (nombre requis pour une ſonnerie d'heure & demie, pendant douze heures).

82. La roue de compte *Q* eſt placée en dehors de la platine ſur l'axe prolongé de la roue *V*: *e f* eſt une *détente* qui ſert à arrêter le rouage, & à régler à chaque fois le nombre des coups de marteau déterminé par les entailles de la roue de compte. Pour cet effet cette détente porte un bras *t* qui appuie ſur le bord de la roue de compte, y étant obligé par un reſſort: lorſque le bras *t* appuie ſur le bord, le bout *f* de la détente laiſſe

paſſer la cheville de la roue *Y*, laquelle fait un tour pendant que le marteau frappe un coup; mais lorſque la roue de compte préſentera une de ſes entailles, le bout *f* s'approchera de *o*, & la cheville de la roue *Y* viendra poſer ſur le bout *f* de la détente, ce qui arrêtera cette roue & le rouage. L'intervalle entre les entailles de la roue de compte *Q* augmente à proportion des heures que le marteau doit frapper : ainſi pour deux heures, l'intervalle eſt double de celui d'une heure : pour trois heures, l'intervalle eſt trois fois plus grand, & ainſi de ſuite, en augmentant juſqu'à douze heures dont l'intervalle eſt douze fois plus grand que celui d'une heure; or, pendant tout le temps que le bras *t* de la détente *e f*, poſe ſur la circonférence de la roue de compte, le marteau frappe ſur le timbre; & lorſque ce bras *t* a atteint le fond de l'entaille, la détente *f* arrête le rouage, comme nous venons de le voir.

83. Lorſque les ſonneries doivent frapper les demi-heures, on rend les entailles de la roue de compte plus larges, de maniere que la détente *f* ne s'éloigne pas de *o*, & qu'elle reſte immobile pendant que le marteau frappe un coup: voyons maintenant comment à chaque heure & demie on donne la liberté au rouage de tourner, & au marteau celle de frapper.

84. La roue *m* (*fig.* 1), dont le canon porte l'aiguille des minutes, & qui fait par conſéquent un tour par heure, porte auſſi 2 chevilles qui ſervent à élever à chaque heure & à chaque demie le *détentillon* D; celui-ci, en s'élevant, fait mouvoir la piece *E*, laquelle eſt fixée ſur le pivot prolongé de la détente *e f*, (*fig.* 2), ce qui éloigne la détente *f* de *o*, & dégage la cheville que porte cette roue, & permet ainſi au rouage de tourner; mais il ne parcourt d'abord qu'un petit eſpace, la roue *Z* ne pouvant faire qu'un demi-tour, parce qu'elle porte une cheville qui vient s'arrêter ſur un talon du détentillon *D* qui paſſe à travers l'entaille *K*; ainſi ce rouage ne marche que lorſque ce détentillon abandonne la cheville de la roue *m* (*fig.* 1); pour lors il retombe par ſon propre poids, le rouage tourne & le marteau frappe l'heure déterminée par la roue de compte; l'autre cheville de la roue *m* venant enſuite à élever

de nouveau le détentillon *D*, celui-ci produit le même effet, le marteau frappe la demie, & ainsi de suite.

85. Il faut observer ici par raport à l'aiguille des minutes, que lorsqu'elle a passé les *60* ou 30 minutes, on ne peut la rétrograder que fort peu, les chevilles de la roue *m* (*fig.* 2), y mettant un obstacle, en venant porter sur le bras du détentillon *D*. Il est donc à propos de ne jamais rétrograder les aiguilles d'une Pendule à sonnerie, on évitera par-là les accidents qui peuvent en résulter; & d'ailleurs, si on les fait rétrogader avant que le détentillon soit tombé, on peut faire sonner l'heure, & la cheville ramenant de nouveau le détentillon le fera encore sonner; ainsi on fera *mécompter* la sonnerie.

86. Nous venons de décrire une sonnerie ordinaire; nous allons entrer dans un plus grand détail sur cette partie, & décrire la sonnerie que nous avons construite pour être la plus simple.

CHAPITRE IV.

Réflexions sur les Sonneries ordinaires & sur leurs inconvénients. Idées des moyens qu'on peut proposer pour y remédier.

87. DANS un rouage à sonnerie, il faut envisager, 1°, le marteau qui doit frapper sur le timbre; 2°, l'intervalle entre chaque coup; 3°, le nombre des coups que donne le marteau en douze heures.

88. Je suppose donc qu'on ait un marteau donné; savoir, sa pesanteur, la force du ressort qui le presse, l'espace qu'il parcourt, le nombre des coups qu'il doit frapper, & enfin le temps qu'une telle machine doit frapper les heures sans remonter le ressort ou poids. Il n'est question après cela que de déterminer le nombre de roues dont doit être composé le rouage

qui doit faire mouvoir le marteau pendant le temps donné, & que d'assigner la quantité de force nécessaire pour cela. Pour le faire avec intelligence, il faut d'abord faire attention au nombre de coups seulement, sans envisager l'intervalle qui est entre chacun : ainsi un marteau qui frappe chaque heure & demie, donne 90 coups en douze heures; donc une seule roue qui porteroit 90 chevilles, suffiroit pour faire sonner les heures pendant 12 heures. Ainsi il faut que la roue des chevilles ait des entailles faites de maniere que la premiere division renferme une cheville pour une heure ; la seconde, deux chevilles pour deux heures ; la troisieme, trois chevilles pour trois heures, & ainsi de suite en augmentant d'une heure jusqu'à douze. La force du moteur se réduiroit donc à l'effet de lever 90 fois le marteau à chaque douze heures ; mais comme une roue seule qui seroit simplement entraînée par une force motrice suffisante pour lever le marteau, n'auroit rien qui déterminât sa vîtesse, puisque le moteur ayant élevé le marteau à son plus haut point, n'étant plus retenu, entraîneroit la roue sans laisser le temps au marteau de frapper sur le timbre, on seroit donc obligé d'assujettir cette roue à une espece de régulateur, qui rendît les intervalles des coups égaux, & donnât le temps au marteau de frapper sur le timbre, & n'eût pas trop de vîtesse, afin de laisser le temps de compter les coups.

89. Le premier moyen dont on s'est servi, a été de former un rouage composé de plusieurs roues & pignons qui *amusent* la roue qui porte les chevilles. Dans la suite on a adapté sur le dernier pignon de ce rouage, une piece qu'on nomme *volant*; c'est une piece légere & mince, large d'environ 9 lignes aux sonneries ordinaires; il est régulateur de ce rouage; en tournant il forme un cylindre dans l'air; & par l'effet de la résistance de l'air qu'il déplace, il va plus ou moins vîte, selon qu'il est plus ou moins large : telle est la sonnerie que nous venons de décrire.

90. On doit remarquer que le nombre des roues que l'on met ordinairement aux sonneries, multiplie l'ouvrage; qu'ainsi ces sonneries exigent une force motrice beaucoup plus consi-

dérable ; & que ſi le marteau eſt peſant & parcourt un grand eſpace, il faut, (outre la force néceſſaire pour le faire frapper), celle de faire tourner ce rouage. De-là les frottements, l'uſure & une quantité d'ouvrage ſuperflu.

Cherchons donc un moyen d'éviter ces défauts, & revenons à la roue de 90 chevilles, (ou dents, ce qui eſt arbitraire).

91. Le premier qui ſe préſente eſt de faire que la roue de 90 dents ou chevilles, donne le mouvement à un Pendule qui déterminera la diſtance d'un coup à l'autre : ainſi le Pendule ſera le régulateur de cette roue. Le ſecond eſt de produire le même effet par un balancier ; & le troiſieme par un grand volant, comme ſont ceux qu'on emploie aux carillons.

92. Enfin, le quatrieme eſt de ſe ſervir comme on le fait, d'un petit volant. Nous allons voir dans le Chapitre ſuivant la deſcription d'une ſonnerie que nous avons compoſée, dont le régulateur eſt un Pendule : ce moyen nous paroît préférable aux volants ou balanciers.

CHAPITRE V.

Deſcription d'une Sonnerie d'heures & demies propre à appliquer à une Horloge qui marche un an ſans avoir beſoin d'être remontée.

CETTE ſonnerie n'eſt compoſée que de trois roues : le moteur eſt un poids de dix livres qui n'a que trois pieds de deſcente, & le deſſein en eſt répreſenté dans la Pl. IV, fig. 1.

93. Les poids *P*, *P* ſont les moteurs, & les roues *A*, *B*, *R*, le rouage ; *X*, le marteau ; & les pieces *K*, *E*, *F*, les détentes ; & *z*, le petit bras du marteau ſur lequel la roue *R* agit pour faire frapper le marteau.

94. La roue *A* eſt entraînée par le cylindre *O O*, ſur lequel s'enveloppe la corde qui porte les poids *P*, *P*, par le moyen de deux poulies mouflées. Cette roue *A* a 96 dents ;

elle engrene dans un pignon de 12, ſur l'axe duquel eſt fixée la roue *B* qui a 96 dents, & qui engrene dans un pignon de 12 dents ſur lequel eſt fixé le rochet *R*; celui-ci fait donc 64 tours pendant que la roue *A* en fait un. Le rochet *R* porte 90 dents employées à lever le marteau *X*, pour le faire frapper 90 fois ſur le timbre *T* à chaque tour du rochet. Or ce nombre eſt celui des heures & demies qu'il doit frapper en 12 heures. Le rochet *R* reſte donc 12 heures à faire une révolution.

95. Pour régler l'intervalle entre les coups de marteau, le rochet *R* forme un *échappement* avec l'ancre *a*; celui-ci eſt fixé ſur une tige, dont la fourchette agit ſur la verge du Pendule *L*, qui fait deux vibrations pour chaque coup que frappe le marteau : & ce marteau *X* continue ainſi de frapper juſqu'à ce que le bras *b* de la détente *E*, entre dans une des entailles de la roue de compte *C*; pour lors l'extrémité *d* de la piece *F G* ſe préſente, & la lentille poſe ſur le petit bras *d*, qui en arrête le mouvement & celui du rouage.

96. L'axe du rochet *R* paſſe à travers les platnes, & porte quarrément la roue de compte *C* diviſée comme on l'a expliqué (82).

97. La lentille ayant fait deux vibrations remonte par l'impulſion du rouage au-deſſus du bras *d* que porte la piece *F G*; ce bras *d* fléchit & fait un léger mouvement qui permet à la lentille de monter plus haut. Mais celle-ci, en deſcendant, porte ſur le côté droit du bras *d*, lequel la retient juſqu'à ce que les détentes la dégagent : voyons maintenant comment cet effet eſt produit.

98. La plaque *S* eſt fixée ſur l'axe prolongé d'une roue du mouvement des heures & minutes ([a]); cette plaque *S* fait un tour par heure. Elle porte deux chevilles qui ſervent à dégager la lentille *L*, & à faire, par ſon moyen, frapper ſucceſſivement les heures & demies.

99. Lorſque l'aiguille des minutes approche de l'heure ou

[a] Je n'ai pas marqué ici les parties du mouvement; ainſi la figure 1, contient ſeulement les pieces relatives à la ſonnerie, laquelle peut s'adapter avec un mouvement ſimple quelconque. La plaque *S* repréſente donc ici la roue des minutes d'un mouvement, c'eſt-à-dire, celle qui tient lieu de la roue *m*, (*Pl. II*, *fig.* 1).

de la demie, une des chevilles 1 de la plaque *S* agit ſur le détentillon *H K M* dont le bras *M* s'éloigne de la cheville *N* portée par le bras *E N* de la détente *b E D*; & auſſi-tôt que l'aiguille eſt parvenue à l'heure juſte ou à la demie, le bras *H* du détentillon *H K M* abandonne la cheville 1, & le poids du bras *M* va frapper contre la cheville *N* du bras *N E* de la détente *b E D*, dont un bout communique à la piece *F G*. Ce mouvement dégage la lentille *L*, qui ſe met alors à vibrer, & pendant ce temps le marteau frappe, juſqu'à ce que le bras *b* de la détente *E* ſoit entré dans une des entailles de la roue de compte. Une demi-heure après l'autre cheville 2 agira ſur le détentillon *H*, dégagera de nouveau la lentille *L*, & le marteau frappera l'heure actuelle.

100. Le reſſort *f* ſert à faire remonter le bras *M* lorſqu'il a dégagé la lentille; le reſſort *g* à faire frapper le marteau, & le reſſort *h* à preſſer le bras *E b* de la détente *E*, contre la roue de compte; ce qui ramene en même temps le bras *d* de la piece *F* pour retenir la lentille. Le mouvement de cette piece *F G* eſt produit par la cheville ou broche *n* que porte la détente *E*; cette broche paſſe juſte dans la fourchette ou fente que porte la piece *F*. Le bras *d* eſt mobile en *G*, ſur une petite broche ou pivot que porte la piece *F G*; le reſſort *m* doit preſſer très-légérement ſur la cheville du bras *d*, afin de faciliter à la lentille le mouvement qu'elle fait faire à ce bras, lorſqu'elle remonte pour s'arrêter enſuite ſur le côté droit du bras *d*. On voit qu'elle eſt empêchée de redeſcendre par ce bras *d*, dont la grande partie eſt arrêtée par une cheville fixée à la piece *F G*. Cette détente *F G* eſt vue en perſpective (*fig.* 4).

101. J'ai exécuté le jeu des détentes d'une autre maniere repréſentée dans la figure 5. *P* eſt la plaque qui fait ſon tour par heure. A la place des chevilles qu'on voit dans la premiere figure, j'ai ſubſtitué les courbes ou ſpirales *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, qui élevent la détente d'une maniere uniforme, ce qui charge beaucoup moins le mouvement. Ces courbes ſont formées de la maniere ſuivante :

Divifez la circonférence *P* en douze parties égales 1, 2, 3, &c; par ces points de divifions, tirez des rayons au centre; divifez l'efpace 1 *a* que doit parcourir la détente en douze parties égales, par lefquelles vous ferez paffer les circonférences qui, par les interfections *d*, *e*, *f*, &c, donneront les points par lefquels il faut faire paffer la courbe.

102. Le bras *fH* eft refendu dans fon épaiffeur vers *Hh*, & y reçoit le bout d'une efpece de *pied de biche d H*, qui peut tourner fur la cheville *g* qui traverfe le bras *fH*. Ce pied de biche porte une cheville *h* mobile dans un trou ovale, & fur laquelle le reffort *fh* agit pour redreffer ce pied de biche, lorfqu'ayant échappé la courbe en *em* & étant tombé dans l'enfoncement *a b*, l'accélération de la chûte de la maffe *M* lui fait recevoir un coup qui l'oblige de fléchir fur le point *h* : mais auffi-tôt que la maffe *M* a éteint fon mouvement après avoir frappé fur *N* (*fig.* 1), le reffort *fh* (*fig.* 5) redreffe le pied de biche, le bras *Hf* retourne un peu en arriere, & fouleve la maffe *M* qui ceffe d'agir fur *N* (*fig.* 1), ce qui permet au bras *E b* d'obéir au reffort *h*, qui fait tomber le bout *b* dans l'entaille de la roue de compte, & de forte que par le mouvement que le bout oppofé *n* de cette détente *ED* imprime à la détente *F G*, l'extrémité *d* de celle-ci arrête le Pendule *L*, lorfque le nombre des coups néceffaire eft fonné.

103. Nous avons vu que le rochet *R* fait un tour en 12 heures. Or, il fait 64 tours pour un de la roue *A* (94); celle-ci emploie donc trente-deux jours à faire une révolution : ainfi la fonnerie marchera un an 19 jours fans être remontée, fi la roue *A* fait 12 tours, ou fi la corde qui porte les poids *PP*, s'enveloppe 12 fois fur le cylindre *O O*; celui-ci ayant 2 pouces de diametre, il faudroit qu'un feul poids defcendît de 72 pouces ou de 6 pieds; mais fi ce poids eft *mouflé*, il defcendra feulement de 36 pouces. Enfin en employant deux poids comme *P P*, les poids ne defcendroient que de 18 pouces. Je me fuis fervi avec avantage de cette maniere de multiplier le temps, fans augmenter le nombre de dents de roues, & en employant peu de hauteur. Cette difpofition des poids eft

eſt la même que celle que j'employai dans la Pendule à équation à un an, que je préſentai à l'Académie Royale des Sciences en 1754.

104. Je ne crois pas que perſonne ait exécuté avant moi une ſonnerie comme celle que je viens de décrire. J'en avois fait le plan il y a pluſieurs années ; & je me ſuis enfin décidé à la donner & à la faire exécuter : on pourra juger de l'avantage des principes que j'ai employés, en la comparant avec la ſonnerie (*Pl. II. fig.* 2) laquelle eſt compoſée de 5 roues & d'un volant, & ne va que 15 jours. On voit que ſes frottements ſont réduits à la plus petite quantité poſſible ; puiſqu'un poids de 10 livres, dont la deſcente eſt de trois pieds, eſt ſuffiſant pour la faire marcher un an ſans remonter, ce qui eſt une ſuite des propriétés du Pendule ſubſtitué aux roues de ſonnerie ; car par la nature du Pendule, la lentille *L*, à la fin de ſa ſeconde vibration, remonte ſenſiblement au même point d'où elle eſt partie pour commencer la premiere ; ainſi il n'y a de force motrice employée pour mouvoir le régulateur, que celle qui eſt néceſſaire pour le faire remonter un peu plus haut, afin de faciliter l'arrêt précis de la lentille & du rouage ; tout le reſtant de la force motrice eſt uniquement employé à lever le marteau *X*. Une telle ſonnerie marche donc avec une force motrice de la moindre quantité poſſible pour un marteau donné.

CHAPITRE VI.

Des Répétitions.

105. LES Pendules à ſonnerie frappent d'elles-mêmes les heures & les demies, comme on vient de le voir ; mais celles qui ſont à répétition ne ſonnent ou frappent que lorſqu'on tire un cordon (ſi c'eſt une Pendule), ou qu'on pouſſe un bouton ou pouſſoir (ſi c'eſt une Montre) : pour lors, deux marteaux

frappent l'heure & les quarts que marquent les aiguilles ſur le cadran : on va voir par la deſcription d'une Pendule à répétition comment cet effet eſt produit ; mais auparavant donnons en gros une idée de ce méchaniſme ingénieux, qui eſt à-peu-près le même pour une Pendule que pour une Montre.

106. Pour faire répéter l'heure à une Pendule (*Pl. V, fig.* 2), on tire une cordon qui enveloppe une poulie *P* qui tient à l'axe de la premiere roue d'un rouage particulier ([a]). L'axe de cette roue porte un crochet qui tient à un reſſort ou moteur contenu dans le barillet *B* (*fig.* 3). Cet axe de la premiere roue porte une roue *G* (*fig.* 1,) qui a quinze chevilles, leſquelles ſervent à lever les marteaux : douze de ces chevilles ſont pour les heures, & trois pour les quarts. Le nombre des coups que le marteau des heures frappe, dépend du plus ou du moins de chemin qu'on fait faire à la roue des chevilles en tirant le cordon ; & ce chemin dépend lui-même de l'heure que marquent les aiguilles ſur le cadran : ainſi lorſqu'il eſt midi trois quarts, & qu'on tire le cordon, on oblige la roue des chevilles à faire un tour entier ; pour lors le reſſort ou moteur le ramene & fait frapper 12 coups au marteau des heures, & enſuite trois coups pour les quarts. Pour diſtinguer les quarts des heures on ajoute un ſecond marteau qui avec le premier, fait un double coup à chaque quart.

107. Maintenant il faut voir par quels moyens on regle le chemin que la roue des chevilles doit faire lorſqu'on tire le cordon, & comment on le proportionne à l'heure que marquent les aiguilles ſur la cadran.

108. Une roue *S* de la cadrature ([b]) (*fig.* 3), porte par ſa tige prolongée la piece *s h*, (*fig.* 2) dont la cheville *c* fait tourner l'étoile *E* qui reſte douze heures à faire un tour ; celle-ci porte une piece *L* (qu'on appelle le *Limaçon des heures*), diviſée en douze parties tendant au centre de l'étoile ; chacune

[a] La ſeule propriété de ce rouage eſt de régler l'intervalle qui doit être entre chaque coup de marteau.

[b] On appelle *Roues de Cadrature* celles qui ſont poſées ſous le cadran ; on donne auſſi le nom de *Pieces de Cadrature* aux pieces de répétition, lors même qu'elles ne ſont point ſous le cadran : telles ſont les pieces *T*, *R*, *C*, *D*, &c. de la figure 2.

de ces parties forme différents enfoncements, comme autant de degrés qui vont en se rapprochant du centre, & qui servent à régler le nombre d'heures que doit frapper le marteau ; pour cet effet, la poulie *P* porte un pignon *a* qui engrene dans une portion de roue *C*, (*fig.* 2) qu'on nomme *Rateau.* Lorsqu'on tire le cordon, & qu'on fait par conséquent avancer la rateau vers le limaçon, le bras *b* va s'arrêter sur celui des degrés du limaçon qui se trouve à son passage ; & selon l'enfoncement de ce degré, le marteau frappe plus ou moins de coups. Il ne frappera qu'une heure, si le bras *b* du rateau s'est arrêté sur le pas 1 le plus éloigné du centre ; car alors la roue des chevilles ne s'étant engagé que d'une cheville, le marteau ne frappe qu'un coup. Si au contraire le degré 12 qui est le plus enfoncé & le plus proche du centre, se trouve sur le passage du bras *b*, ce bras n'y arrivera que lorsque la roue des chevilles aura fait un tour, & alors le ressort du barillet le ramenant, fera frapper 12 coups au marteau.

109. Il reste à voir comment les quarts sont répétés. La piece *s* (*fig.* 2.) qui fait tourner l'étoile & qui est une heure à faire un tour, est portée par un autre limaçon *h* (qu'on appelle le *Limaçon des quarts*, formé par quatre divisions qui font trois enfoncements ou pas, sur l'un desquels (lorsqu'on tire le cordon) vient poser le bras *Q* d'une piece *Q D* qu'on appelle *le Doigt* : or selon que cet enfoncement est plus près ou plus loin du centre du limaçon, le bout *D* du doigt se trouve plus ou moins écarté du centre *a* de la poulie *P*, de sorte que le jeu du cordon étant fini, & la poulie retournant par la force du ressort du barillet, l'une de ses quatre chevilles vient agir sur ce doigt, savoir celle qui se trouve à la distance du centre *a* qui répond à l'élévation du bras *D*, & c'est ce qui détermine les coups pour les quarts ; ainsi lorsque le doigt pose sur la cheville la plus près du centre de la poulie, le marteau des heures frappe seulement le nombre d'heures que le limaçon *L* & le rateau *b* ont déterminés. Si le doigt est posé sur la seconde cheville, il n'arrête la poulie qu'après que le marteau des heures a frappé l'heure,

puis un quart, & ainsi de suite pour les trois quarts.

Voilà une idée des parties essentielles d'une répétition : venons maintenant à la description particuliere d'une répétition complette.

CHAPITRE VII.

Description d'une Pendule à répétition avec l'échappement à ancre.

110. Les figures 1, 2 & 3 de la Planche V représentent toutes les parties d'une Pendule à répétition vue en plan. La premiere figure représente les roues & les pieces contenues dans la cage ou qui se mettent entre les deux platines, à l'exception de l'ancre *A* que j'ai placée comme on le voit, pour faire voir l'échappement.

111. Les roues *B*, *C*, *D*, *E*, *F*, sont celles du mouvement : *B* est le barillet qui contient le moteur ou ressort de l'Horloge ; *C* est la grande *roue moyenne* ; *D* la roue des minutes ; *E*, la roue *de champ* ; *F*, le rochet ou roue d'échappement. La roue *D* des minutes fait un tour en une heure ; le pignon sur lequel cette roue est fixée, a son pivot prolongé qui passe à travers la platine des piliers (*fig.* 3) ; cette tige ou pivot (*fig.* 4) entre à frottement dans le canon de la roue de chaussée *m* vue en perspective (*fig.* 5), lequel fait aussi par ce moyen un tour par heure ; ce canon porte l'aiguille des minutes, & sa roue *m* engrene dans la roue de renvoi *S*, de même nombre de dents & de même diametre que la roue *m* ; le pignon de celle-ci fait 12 tours, tandis que la roue *C* en fait un. Cette roue *C* qui est celle de cadran emploie donc douze heures à faire une révolution : c'est celle qui porte l'aiguille des heures.

112. Il faut observer par rapport à ces trois roues *C*, *m*, *S*

qu'on nomme *Roues de Cadran* qu'elles ſont toujours les mêmes, ſoit que la Pendule ſoit à ſonnerie ou à répétition; leur effet étant de faire faire une révolution à la roue *C* de cadran dans l'eſpace de 12 heures.

113. Les roues *G, L, M, N* (*fig.* 1) & le volant *V* forment le rouage de la répétition. La propriété de ce rouage eſt, comme je l'ai dit, de régler l'intervalle qui doit être entre chaque coup de marteau. Le *rochet R* ou *d'encliquetage*, la premiere roue *G* qui eſt celle des chevilles, le reſſort *r* & le cliquet *c* ſont tous portés par l'axe de la roue *L*.

114. Lorſqu'on tire le cordon qui entoure la poulie *P* (*fig.* 2), le rochet *R* (*fig.* 1) fixé ſur le même axe que la poulie, rétrograde; & les plans inclinés des dents éloignent le cliquet *O*; enſuite le reſſort ou môteur ramene le rochet dont les dents arcboutent contre la pointe du cliquet, ce qui entraîne la roue *L* & le rouage *M, N, V*: or, tandis que le rochet *R* entraîne ainſi la roue *L*, & que la roue *G* des chevilles & la poulie *P* de la figure 2 qui ſont fixées ſur le même axe, tournent auſſi, les chevilles de la roue *G* agiſſent ſur les pieces *m, n* (*fig.* 1.) dont les axes prolongés portent les marteaux *m, n* (*fig.* 2); chaque piece *m, n* eſt preſſée par un reſſort pour renvoyer le marteau, après que les chevilles lui ont fait parcourir ſon chemin. On ne voit que le reſſort *r* qui agit ſur la piece *m*; celui qui agit ſur la piece *n*, eſt placé ſous la platine qui porte la cadrature (*fig.* 2.) La piece *o* ſert à communiquer le mouvement de celle *m* à la tige ou piece *n* qui porte le marteau des heures.

La piece ou baſcule *m x* (*fig.* 1) ſe meut ſur la tige qui porte le marteau des quarts : ſur cette tige en deſſous de *m x*, ſe meut un bras comme celui *m*, ſur lequel agiſſent trois chevilles portées par le deſſous de la roue *G*; ces trois chevilles ſervent à lever le marteau des quarts fixé ſur la tige qui porte la piece *m* : c'eſt ce marteau que preſſe le reſſort *r*. Lorſqu'on tire le cordon, on fait rétrograder la roue *G* dont les chevilles viennent agir ſur le derriere du bras *m*, lequel obéit & vient de *m* en *x*; le petit bras qui eſt deſſous pour les quarts, fait

le même mouvement ; & lorſque le grand reſſort ou moteur ramene la roue *G*, un petit reſſort qui agit ſur ces pieces *m*, les oblige à s'engager dans l'intervalle des chevilles, & à préſenter les plans droits ſur leſquelles agiſſent ces chevilles pour lever les marteaux.

115. La poulie *P* (*fig.* 2) porte le pignon *a* qui engrene dans le rateau *b C*, dont l'effet eſt, comme je l'ai dit, d'aller portere ſa point *b* ſur les pas du limaçon *L*, & de déterminer le nombre des coups que doit frapper le marteau des heures.

L'Etoile *E* & le limaçon *L* ſont fixés enſemble par deux vis. Cette étoile ſe meut ſur une vis à tige *V*, attachée à la piece *T R*, mobile elle-même en *T*. Cette piece forme, avec la platine une petite cage, en dedans de laquelle tourne l'étoile *E* : un des rayons ou dents de l'Etoile porte ſur le ſautoir *Y*, lequel eſt preſſé par le reſſort *g*. Lorſque la cheville *c* du limaçon des quarts fait tourner l'étoile, le ſautoir *Y* ſe meut en s'éloignant du centre *V* de l'étoile juſqu'à ce que la dent de l'étoile ſoit parvenue à l'angle du ſautoir ; ce qui arrive lorſqu'elle a fait la moitié du chemin qu'elle doit faire ; & lorſqu'elle a échappé cet angle, le plan incliné du ſautoir la pouſſe comme par derriere, & lui fait achever précipitamment l'autre moitié ; de ſorte qu'au changement d'une heure à l'autre, celui de l'étoile & du limaçon ſe fait en un inſtant : c'eſt lorſque l'aiguille des minutes eſt ſur les 60′ du cadran.

116. Le ſautoir achevant ainſi de faire tourner l'étoile, chaque dent ſituée en *c* vient poſer ſur le derriere de la cheville *c*, & fait avancer la *ſurpriſe s* à laquelle elle tient ; la ſurpriſe eſt une plaque ajuſtée ſur le limaçon des quarts ; elle tourne avec lui au moyen de la cheville qui paſſe dans l'entaille de la ſurpriſe ; le chemin que fait faire l'étoile à la ſurpriſe *s*, ſert à empêcher que le bras *Q* du doigt ne deſcende dans le pas 3, ce qui feroit répéter 3 quarts ſur 60′. Auſſi-tôt que l'étoile change d'heure, elle oblige donc la ſurpriſe d'avancer pour recevoir le bras *Q* : ainſi dans le moment où l'on tire le cordon, le marteau ſonne l'heure préciſe.

Le bras *Q* & le doigt font mobiles fur le même centre ; lorfqu'on a tiré le cordon & que les chevilles de la poulie ont dégagé le doigt, pour lors le reffort *p* fait approcher le bras *Q* du limaçon des quarts, & le doigt *D* fe préfente à l'une ou l'autre des chevilles de la poulie ; ces deux pieces peuvent tourner l'une fur l'autre & fe mouvoir féparément : cela fert dans le cas où le bras *Q* allant pofer fur le pas *h* du limaçon des quarts, & le doigt *D* étant engagé dans les chevilles de la poulie, ce bras fléchit & obéit aux chevilles de la poulie qu'on fait actuellement rétrograder ; il faut que la cheville actuellemeut en prife, puiffe faire mouvoir le doigt féparément de la piece *Q* ; le reffort *B* ramene le doigt *D*, dès que la cheville a rétrogradé, pour qu'il fe préfente à la cheville qui arrête pour l'heure feule, ou pour le quart fi le bras porte fur le pas 1, &c.

117. Nous avons vu les parties les plus effentielles de la répétition ; il n'en refte qu'une dont il faut donner une idée, & que je vas tâcher de faire concevoir ; c'eft le *tout ou rien*, dont la propriété eft que fi l'on ne tire pas tout-à-fait le cordon, & de maniere que le bras *b* du rateau *C* vienne preffer le limaçon *L*, le marteau ne frappera pas ; en forte que par ce méchanifme ingénieux ; la piece répétera l'heure jufte, finon elle ne la répétera pas du tout.

118. On a vu que, lorfque l'on tire le cordon, la roue des chevilles *G* (*figure* 1) renverfoit la piece *m*, & la faifoit venir en *x* ; & que pour que le marteau frappe, il faut qu'un reffort ramene cette piece *m*, pour la mettre en prife avec les chevilles ; après cela, il eft aifé de voir que fi, au lieu de laiffer reprendre à cette piece *m* fa fituation, on la fait encore renverfer davantage, le reffort ou moteur ramenant la roue des chevilles, le marteau ne frappera pas tout le temps que cette piece reftera renverfée ; c'eft précifément l'effet que produit la piece *T R* (*fig.* 2) qu'on nomme pour cela *Tout ou rien.* Voici comment. La piece *m* (*fig.* 1) porte une cheville qui paffe à travers la platine par l'ouverture *o* (*fig.* 2) : fi l'on tire le cordon, la roue des chevilles fait mouvoir la piece *m*,

comme nous venons de le voir ; la cheville qu'elle porte vient preſſer contre le bout *o* du tout ou rien, & l'écarte, enſorte que la cheville parvient à l'extrémité *o* qui eſt un peu inclinée : or le reſſort *d* tendant à ramener le bras *o*, le plan incliné oblige la cheville de parcourir encore un petit eſpace qui met le bras *m* (*fig.* 1) entiérement hors de priſe des chevilles, enſorte que le marteau ne frappera pas à moins que la cheville ne ſoit dégagée du bout du bras *o* ; pour cet effet, il faut que le bras du rateau vienne poſer & preſſer le limaçon *L* qui ſe meut ſur la tige *V* fixée au tout ou rien *T R*. Or, en preſſant le limaçon, on fait écarter le bras *o* de la cheville, laquelle étant dégagée, donne la liberté au bras *m* de ſe préſenter aux chevilles de la roue *G*, & au marteau celle de frapper les heures & quarts donnés par la cadrature & par les aiguilles.

119. Le rochet *R* (*fig.* 3) eſt celui d'*encliquetage* du mouvement ; *c*, eſt le *cliquet* ; *r*, le reſſort. Le rochet *R* eſt mis en quarré ſur l'arbre de barillet ; ce quarré prolongé ſert pour remonter le reſſort au moyen de la clef. *B* eſt le barillet dans lequel doit être le reſſort ou moteur de la répétition. *V* eſt une vis appellée *l'excentrique* ou *Porte-pivot* : ſur la partie qui entre à frottement dans la platine, eſt percé un trou hors de l'axe de la vis ; ce trou eſt celui du pivot de l'ancre *A* : en faiſant tourner cette vis, on approche ou l'on éloigne le pivot de l'ancre, & par conſéquent l'ancre lui-même, de ſorte que ſes pointes engrennent plus ou moins, ſelon le beſoin, dans les dents de la roue d'échappement.

120. (*fig.* 2), *A* eſt le coq d'échappement : il porte la ſoie à laquelle on ſuſpend le Pendule ; un des bouts de la ſoie eſt attaché à la tige *e* qu'on appelle *Avance* ou *Retard* ; l'autre bout de cette tige paſſe au cadran, & eſt quarré pour y faire entrer une petite clef, par le moyen de laquelle on fait tourner cette tige *e* de côté ou d'autre, pour faire allonger ou raccourcir la ſoie qui ſert à ſuſpendre le Pendule dont la longueur change par ce moyen.

121. L'ancre *A* (*fig.* 1) eſt fixé ſur une tige comme celui de la Pendule à ſecondes : cette tige porte la fourchette *T*

qui

qui fait mouvoir le pendule ; le pivot que porte cette tige du côté de la fourchette, entre dans un trou fait au coq *A* (*fig.* 2).

122. La figure 4 repréſente en perſpective la roue *D*, dont la révolution eſt d'une heure ; c'eſt ſa tige qui porte la roue *m* de la figure 3. Cette roue *m* eſt vue en perſpective dans la figure 5 ; ſon canon *a* ſert à porter l'aiguille des minutes.

123. La figure 6 repréſente en perſpective la roue *S* de la figure 3 ; c'eſt la tige prolongée de cette roue qui paſſant à la cadrature porte le limaçon des quarts *h* (*fig.* 2) ; le pignon de cette roue *S* engrene dans la roue de cadran qui eſt vue en perſpective dans la figure 7. Enfin c'eſt ſur le canon de cette roue que s'ajuſte l'aiguille des heures.

CHAPITRE VIII.

Des Montres.

DÉFINITION.

124. SI L'ON A un anneau circulaire *AAc* (*Pl.* 1, *fig.* 5) dont la circonférence ſoit également peſante & concentrique à l'axe *B*, & à ſes pivots *a*, *b* ſur leſquels il puiſſe tourner librement, cet anneau reſtera en équilibre avec lui-même dans quelque poſition qu'on le place, & quelqu'eſpace qu'on lui ait fait parcourir ; enſorte que ſon *inertie* ([a]) tendra également à le faire reſter en repos lorſqu'il y ſera, & à le faire tourner uniformement lorſqu'on l'aura mis une fois en mouvement. Ceci eſt une ſuite de notre ſuppoſition ; car dès que chaque partie de la circonférence de cet anneau eſt également peſante, & également diſtante de l'axe de rotation ; elle eſt contre-

[a] On appelle *Inertie* cette propriété commune à tous les corps de reſter en leur état, ſoit de repos ou de mouvement, à moins que quelques cauſes étrangeres ne les en faſſent changer.

balancée par la partie oppoſée, ce qui entretient le mouvement dans le même état. Nous appellerons *Balancier* un tel anneau.

125. Cela poſé, ſi l'on imagine que l'axe du balancier (*fig.* 6) porte les deux parties ſaillantes ou *palettes c, d*, formant enſemble un angle droit, & que ſur ces palettes on faſſe agir la roue à couronne *C*; il arrivera que ſi l'on fait tourner cette roue dans le ſens *Ced Cbc*, ſes dents écarteront alternativement l'une des palettes dans un ſens, & l'autre dans un ſens oppoſé; en ſorte que le balancier ira & reviendra ſur lui-même, & fera ainſi des vibrations (22).

126. La roue *C* fera donc avec ces palettes un échappement (38) qu'on peut appliquer à un mouvement d'Horloge, à la place du Pendule. Ainſi faiſant rouler les pivots du balancier dans des trous d'une cage *DEFG* (*fig.* 7), & ceux de la roue *C* dans une ſeconde cage *HI* qui ſerve à maintenir l'axe de cette roue perpendiculairement à l'axe du balancier; ſi l'on fait engrener ſon pignon *d* dans une roue *K*, en ſorte que celle-ci communique par engrenage aux roues & pignons *c*, *L*, *b*, *M*, *a*, *N*, & qu'enfin l'axe de la roue *N* ſoit mis en mouvement par un reſſort ſpiral *OP*, on aura une machine qui ſervira à meſurer le temps, dans quelque poſition que la cage *GDEF* ſoit placée; car l'équilibre des parties du balancier lui fait continuer le mouvement alternatif qui lui eſt imprimé, indépendamment de la poſition qu'on lui donne; & la nature du reſſort lui fait exercer également ſon action, quelle que ſoit la ſituation & le mouvement de la piece qui le porte.

127. Sachant maintenant le nombre de dents des roues & pignons qui compoſent le rouage (*fig.* 7), on en conclud le nombre de vibrations du balancier, pendant que la roue qui contient le reſſort en fait un. Ainſi, en comptant combien la roue *C* fait de tours en une heure, on ſaura la durée des révolutions des autres roues, & l'on pourra, par ce moyen, faire porter par l'axe prolongé d'une de ces roues, une aiguille qui indiquera ſur un cadran les parties du temps,

128. En examinant la nature du mouvement du balancier, on trouve aiſément que ſa vîteſſe dans ſes vibrations eſt d'autant plus grande, 1°, que la force du reſſort moteur eſt plus grande; 2°, que le balancier eſt plus léger; 3°, que ſa circonférence eſt plus petite, parce que dans ces deux cas la force du reſſort eſt d'autant plus efficace pour communiquer de la vîteſſe, que cette vîteſſe doit ſe diſtribuer à moins de parties, & à des parties moins éloignées de l'axe du balancier; 4°, que la force du reſſort moteur fera d'autant plus d'effet ſur le balancier, que les palettes ſeront frappées plus loin de l'axe : d'où il réſulte que la vîteſſe des vibrations d'un balancier dépend d'un grand nombre de circonſtances; & qu'il y a pluſieurs moyens de la faire varier à volonté.

129. Le nombre de dents des roues *N*, *M*, *L*, *K*, *C*, & de leurs pignons *a*, *b*, *c*, *d*, étant donné, on peut aſſujettir la vîteſſe de leurs révolutions à des temps donnés; ainſi en ſuppoſant que pendant que la roue *M* fait un tour, la roue *C* en faſſe 600, on pourra régler la vîteſſe de ce rouage, de maniere que la roue *M* emploie une heure à faire une révolution, ſoit en augmentant ou en diminuant la force du reſſort *O P*, ſoit en rendant le balancier plus léger ou plus peſant, ſoit enfin en le rendant plus grand ou plus petit; donc en plaçant une aiguille au bout de l'axe de cette roue *M*, & diviſant un cercle du cadran *R S* en 60 parties, le paſſage de l'aiguille ſur chaque diviſion, indiquera une minute de temps.

130. Au lieu de placer l'aiguille *f* directement ſur l'axe de la roue *M*, on fait entrer cet axe dans un canon *Q* (qu'on appelle *une chauſſée*); un de ſes bouts *e* eſt quarré pour recevoir l'aiguille *f*, & vers l'autre bout eſt un pignon *Q* qui engrene dans la roue *T* qui porte un pignon *g* qui engrene dans la roue *V*, laquelle eſt portée par un canon *t* qui s'emboîte ſur la chauſſée *e Q*. Si donc les nombres de dents des roues & pignons *Q*, *T*, *g*, *V* ſont tels que pendant que la chauſſée *Q* fait 12 tours, la roue *V* en faſſe un, celle-ci reſtera douze heures à faire une révolution; donc en faiſant porter par ſon canon prolongé une aiguille *i h*, & diviſant le cercle *o* en 12 parties,

cette aiguille marquera les heures. Ainfi on aura une machine portative affez fimple, & qui fervira à mefurer les heures & les minutes.

131. Le bout inférieur *q* de l'axe de la roue *N* porte un crochet qui entre dans un trou fait au bout intérieur du reffort. Ainfi ce crochet entraîne le reffort par fon mouvement : le bout extérieur du reffort eft accroché en *p* avec le pilier ; il refte par conféquent immobile. Si donc on fait entrer une clef fur le bout quarré *o* de l'axe prolongé de la roue *N*, & qu'on faffe tourner cet axe du fens oppofé à celui felon lequel le reffort tend à fe débander, la lame du reffort *q P* fe roulera fur cet axe *q*, & le reffort fe tendra à proportion : auffi-tôt que l'on aura ceffé de le remonter, fon élafticité agira fur la roue *N*, & celle-ci fucceffivement fur les pignons & roues, ce qui donnera le mouvement au balancier. Les vibrations alternatives du balancier modéreront la vîteffe du rouage, & par conféquent celle de l'action du reffort, qui ne fe développera qu'à mefure que les roues tourneront. Ce reffort eft donc le moteur d'une telle machine ; & le balancier en eft le *Modérateur* ou le *Régulateur*.

132. Lorfqu'il faut remonter le reffort, on tourne, comme j'ai dit, le bout de l'axe quarré *o* dans un fens oppofé. Il faut donc pour cela que cet axe puiffe tourner dans ce fens, indépendamment de la roue *N*: c'eft l'effet de l'encliquetage porté par cette roue & du rochet *X* fixé fur l'axe *oq*: les côtés inclinés des dents de ce rochet écartent le cliquet *m*, quand on remonte le reffort ; & lorfqu'on ceffe de le remonter, les côtés droits de ces dents arcboutent contre le cliquet ; ainfi le reffort *OP* entraîne la roue *N*, &c. Nous avons déja expliqué les effets de l'encliquetage (art. 34).

133. La chauffée *Q* entre à frottement fur l'axe prolongé de la roue *M*; ainfi on peut la faire tourner pour mettre les aiguilles à l'heure, fans rien changer au mouvement de la roue *M*.

134. La roue *T* fe meut entre le cadran & la platine *FG*, fur les deux pivots qui terminent l'axe *g*.

135. Lorſqu'une dent de la roue *C* a écarté la palette du balancier, & lui a fait faire une vibration, elle s'échappe, & la dent oppoſée va agir ſur l'autre palette pour ramener le balancier : c'eſt l'effet de la roue *C* ſur les palettes pour faire vibrer le balancier, & celui du balancier pour ſuſpendre & modérer la vîteſſe de la roue, qu'on appelle l'*Echappement.*

136. La roue *C* s'appelle *Roue de rencontre*; & l'échappement où l'on emploie la conſtruction que nous venons de décrire, s'appelle *Echappement à roue de rencontre.*

137. On appelle *Verge de Balancier*, la piece d'échappement *a b c d* (*fig.* 6).

138. Il faut obſerver, par rapport à l'échappement à roue de rencontre, que ſi après l'impulſion de la roue, on continuoit à faire aller le balancier du même côté, la palette feroit rétrograder la roue au point qu'elle abandonneroit la dent; & comme dans ce cas l'autre palette feroit éloignée de la dent oppoſée, il arriveroit que la roue de rencontre ceſſeroit d'agir ſur les palettes, & tourneroit avec toute ſa vîteſſe, & ſans être modérée par le balancier; c'eſt pour prévenir cet accident, (qu'on appelle *Renverſement*) que l'on borne la révolution du balancier à 240 degrés ou à-peu-près. C'eſt à cet uſage que ſont deſtinées les chevilles 1, 2, portées par le balancier *A* (*fig.* 7); la cheville *s* s'oppoſe à leur paſſage avant que les palettes ſoient renverſées & déſengrenent de la roue d'échappement.

139. La roue *M* s'appelle *Roue de longue tige :* on l'appelle auſſi *Roue des minutes.*

140. La roue *L* s'appelle *la petite Roue moyenne.*

141. On nomme *Roue de champ* celle *K.*

142. Le reſſort *O P* eſt le *moteur* de cette machine portative.

143. On appelle *Roue de cadran*, la roue *V* dont le canon prolongé porte l'aiguille des heures.

144. La roue *T* s'appelle *Roue de renvoi*; & ſon pignon *g* *Pignon de renvoi.*

145. On appelle *Roues de cadran* ou *Minuteries*, celles *V*,

T, *Q*, *g*, placées entre la platine & le cadran, & qui servent à la conduite des aiguilles.

146. On appelle *Potence* la piece *I* dans laquelle roule le pivot *r* de la roue de rencontre *C*; & *Contrepotence* la piece *H* dans laquelle roule l'autre pivot du pignon de rencontre *d*.

147. Voilà en gros la notion d'une machine portative propre à mesurer le temps, & telle à-peu-près que les premieres montres ont été faites. Il faut maintenant parler des défauts qu'elles avoient, & dire la maniere dont on y a remédié; enfin décrire la disposition actuelle des Montres.

148. Nous avons fait observer que le balancier n'avoit aucune tendance à se mouvoir d'un côté plutôt que de l'autre, quoiqu'on le fasse tourner; il n'a donc, par lui-même, aucun principe de justesse; il est susceptible de toutes les différentes impressions du moteur; & comme, par sa nature, le ressort change de force à mesure qu'il est plus tendu, il suit de-là qu'une machine, telle que nous l'avons décrite, seroit susceptible de beaucoup d'inégalités.

149. Pour remédier aux défauts causés par l'inégalité des forces du ressort, on a inventé le méchanisme suivant. La chaîne *H* (*Pl. VII*, *fig.* 4) qui entoure le barillet *A*, & qui est attachée à la poulie conique ou spirale *G*, qu'on appelle la *Fusée*, tend par la force du ressort renfermé dans le barillet à faire tourner cette fusée, & par conséquent la roue *F* qui est fixée sur son axe; or, par la nature des leviers, la force que la chaîne communique à la fusée a d'autant plus ou moins d'effet qu'elle atteint cette fusée plus loin ou plus près de son axe. On peut donc tailler la fusée, de sorte qu'à mesure que la force du ressort devient plus petite en se débandant, la chaîne atteigne la fusée dans des points de plus en plus éloignés de son axe; de sorte qu'il en résulte une égalité continuelle d'effet.

150. Enfin, pour obvier à presque tous les inconvénients qui s'opposent au mouvement uniforme de la machine, on a inventé le *ressort spiral*, qui a donné au balancier toutes les propriétés d'un vrai régulateur.

151. On appelle *Spiral*, un ressort *as* (*fig.* 9) plié selon

une figure approchante de la ſpirale des Géometres. Dans cet état, ce reſſort tend par ſa nature à reprendre cette figure ſpirale, ſi par quelque effort on la lui fait perdre. Le bout intérieur du ſpiral eſt fixé à une virole traverſée par l'axe du balancier ſur lequel elle tient à frottement ; le bout extérieur *p* eſt arrêté ſur la cage de la machine. Lors donc que l'on fait tourner le balancier, & qu'ainſi on l'écarte du point de repos où le laiſſe le ſpiral, ce reſſort, contraint de changer de figure, en reſſerrant ou en étendant ſes ſpires, tend à la reprendre avec d'autant plus de force que l'arc décrit par un point quelconque de la circonférence du balancier aura été d'un plus grand nombre de degrés : ainſi lorſqu'en ceſſant d'agir ſur le balancier, on l'abandonnera à lui-même, le ſpiral reprenant ſa figure, ramenera, par un mouvement accéléré, le balancier au point de repos d'où on l'a tiré ; mais lorſqu'il y ſera parvenu, ſa vîteſſe acquiſe par l'accélération lui fera parcourir autant de chemin de l'autre côté qu'on lui en avoit fait faire en l'écartant. Ce paſſage au-delà du point de repos, ſe fera par un mouvement retardé, parce que le reſſort ſpiral ſera contraint de changer encore de figure, juſqu'à ce que la réſiſtance que ſon élaſticité y oppoſera, ait éteint le mouvement acquis ; alors le reſſort reprenant ſa figure, retournera ſur ſes pas par un mouvement accéléré juſqu'au premier point de repos, puis retardé en paſſant au-delà, comme dans la premiere vibration. Ainſi en allant & revenant continuellement ſur lui-même, le balancier conſerve l'iſochroniſme par l'action du ſpiral, comme le Pendule par celle de la peſanteur.

152. Or, ſans le frottement que les pivots du balancier éprouvent tant par la preſſion que ſon poids cauſe, que par ſon mouvement, & ſans la réſiſtance de l'air, un balancier une fois mis en mouvement, continueroit à vibrer éternellement avec la même vîteſſe, & en faiſant des vibrations d'égales durées ; mais ces obſtacles ſont ſi conſidérables, que le mouvement imprimé au balancier ceſſeroit au bout de quelques minutes, s'il n'étoit renouvellé à chaque inſtant par une force

motrice, qui doit être d'autant plus grande que le mouvement imprimé dureroit moins.

153. Nous avons vu (31) que dans les Pendules la force motrice doit être seulement capable d'entretenir le mouvement imprimé d'abord à ce régulateur ; mais ce n'est pas la même chose dans les Montres qui sont exposées à toutes sortes de mouvements & de secousses. Si la force motrice n'étoit que suffisante pour entretenir le mouvement du balancier, il arriveroit qu'une secousse dans un sens contraire au mouvement du balancier, feroit arrêter la Montre, laquelle ne pourroit reprendre son mouvement, à moins qu'on ne le redonnât de nouveau au balancier ; défaut très-grand, qui rendroit une Montre inutile, puisqu'on ne seroit jamais assuré qu'elle eût marché deux heures de suite, sans avoir été arrêtée par quelques secousses, & remise en mouvement par d'autres après quelques moments de repos. Cette machine ainsi composée ne pourroit donc servir à la mesure du temps. Pour prévenir un tel obstacle, il est nécessaire que la force motrice soit assez grande pour pouvoir donner elle-même le mouvement au balancier, sans qu'il soit besoin de le mettre en vibration. De cette maniere, il n'y a pas d'agitations qui puissent arrêter la montre ; car elles ne pourront jamais empêcher que la force motrice qui domine sur le balancier, ne lui rende son mouvement immédiatement après l'action de la secousse qui tendoit à l'arrêter ; & quand même on parviendroit à composer un régulateur qui pût détruire par lui-même toutes les impressions des secousses, & de maniere que son mouvement n'en fût jamais interrompu, il seroit encore nécessaire que la force motrice fût assez grande pour donner à ce régulateur le mouvement de vibration, comme nous le ferons voir dans la seconde Partie.

Passons maintenant à la description d'une Montre de la construction actuellement la plus suivie.

❦

CHAPITRE

CHAPITRE IX.

Description d'une Montre à Roue de rencontre.

154. LES Planches VI & VII représentent toutes les parties d'une Montre à échappement, à roue de rencontre.

PLANCHE VI.

155. La figure premiere fait voir la Montre toute montée, vue en perspective.

156. La seconde représente l'intérieur de la Montre, c'est-à-dire, toutes les pieces qui se posent sur la platine des piliers, lorsqu'on veut les remettre en place après avoir démonté la Montre.

157. La troisieme fait voir l'autre côté de la même platine, avec les pieces qui sont sous le cadran, & qui servent à faire marcher les aiguilles.

158. Les figures 1 & 2 de la VIIe Planche représentent les côtés intérieurs des platines qui forment la cage dans laquelle on place le rouage de la Montre.

159. La figure 3 de la même Planche représente le cadran posé sur la platine de la figure 3, Planche VI, avec les aiguilles ajustées sur leurs canons.

160. Les figures 4, 5, 6, 7 de la Planche VI, & les figures 4, 5, 6, 7, 8, 9, de la Planche VII, sont des développements des parties de la Montre. Venons à la description de chaque partie.

161. La figure 2 (*Planche VI*) représente, comme j'ai dit, l'intérieur de la Montre. *A* est le tambour ou barrillet dans lequel est contenu le ressort ou moteur (*fig.* 5 *Pl. VII*). *B* est la roue de fusée qui communique au barillet par le moyen de la chaîne *Hr* (149).

162. La grande roue *B* ou roue de fusée engrene dans le pignon *a* qui porte la roue à longue tige *C*. Le pivot prolongé de ce pignon passe à travers la platine, & porte la chaussée (130) *C* (*fig.* 6). Le pignon *K* de cette chaussée (*fig.* 3), qui est le même, vu (*fig.* 6) engrene dans la roue de renvoi *E*; celle-ci porte un pignon *D* qui fait mouvoir la roue de cadran *F* (*fig* 7). Le bout de la chaussée (*fig.* 6) porte l'aiguille des minutes; le bout du canon de la roue *F* de cadran (*fig.* 7) porte l'aiguille des heures. La roue de longue tige *C* (*fig.* 2) engrene dans le pignon *b* qui porte la petite roue moyenne *D*; celle-ci engrene dans la pignon *c* qui porte la roue de champ *E*, vue en perspective (*fig.* 1); cette roue engrene dans le pignon *e* de la roue de rencontre ou d'échappement (*fig.* 4 & 5), laquelle roule dans les trous des pieces portées par le dessous de la platine *M M* (*fig.* 1) : le dessous de cette platine est représenté (*Pl. VII, fig.* 1) portant la roue de rencontre *R*, dont les pivots roulent dans les trous de la potence *P* & de la contre-potence *A* : l'axe de cette roue est parallele à la platine.

163. Le balancier *B* se meut dans une espece de cage formée par le coq *C C* (*fig.* 1) & par la potence *P* portée par le dessous de la platine *MM*, comme cela se voit (*Pl. VII*, *fig.* 1).

Le pivot supérieur *a* du balancier (*Pl. VI*, *fig.* 4) tourne dans le trou *o* (*fig.* 1) du *coqueret p o* qui tient au coq *C C*, sous lequel tourne le balancier; & le pivot inférieur *b* (*fig.* 4) tourne dans un trou fait en *o* à la potence *P* (*Pl. VII*, *fig.* 1) qui est développée dans la figure 7. La partie *q* de la potence *P* forme un petit hémisphere dont le tour du pivot est le centre; le sommet de cet hémisphere n'est séparé de la plaque *o p* que par un petit intervalle par lequel s'introduit l'huile qu'on met aux pivots, & qui ne s'extravase jamais du trou, étant attirée par la surface de la plaque & le sommet de l'hémisphere : cette disposition est très-essentielle pour conserver l'huile : le coqueret *o p* du coq du balancier (*fig.* 1) est arrangé de la même maniere.

164. La vis *V* sert à faire mouvoir le *lardon L* de la potence qui porte le trou où entre le pivot de la roue de rencontre ; ce mouvement du lardon *L* est pour servir à former l'échappement, & à rendre égales les chûtes de la roue de rencontre.

La piece *op* est une plaque d'acier qui s'attache à la potence pour recevoir le bout du pivot de la verge 2 (*fig.* 10).

165. La piece *A* (*figure* 1) est la contre-potence qui sert à porter le pivot inférieur *r* de la roue de rencontre *R*; le bout du pivot roule sur une plaque d'acier que porte cette contre-potence à laquelle elle tient par le moyen d'une vis.

166. Les figures 9 & 10 (*Pl. VII*), représentent le balancier avec son spiral *as*: *p* est le *piton* qui fixe le bout extérieur du spiral avec la platine. *Rr* (*fig.* 9) est le *rateau* dont le bras *a* est fendu pour contenir le ressort spiral : ce rateau *Rr* sert à déterminer la longueur du spiral, & par conséquent à régler la montre, selon qu'on approche la fente *a*, ou qu'on l'éloigne du piton *p*. Si on l'approche de *p*, pour lors le ressort spiral agira par une plus grande longueur ([a]) ; il sera par conséquent plus lent dans ses vibrations, & la Montre retardera. Si au contraire on éloigne la fente *a* du piton *p*, le ressort sera plus court, il aura par conséquent plus de vîtesse, & fera avancer la Montre.

167. Le rateau *Rr* s'ajuste sous la piece *cc* (*fig.* 6) qu'on appelle le *Coulisse*. La coulisse se fixe sur la platine au moyen de deux vis. Elle sert à contenir le rateau & à diriger son chemin autour du centre du balancier : le rateau est retenu sous la coulisse par une rainure faite comme on le voit dans la figure 6. On appelle *Coulisserie*, l'assemblage formé par le rateau & la coulisse.

168. L'anneau ou cercle *BB* du balancier porte en dessous une cheville qui détermine l'étendue de ses vibrations (n° 138). Pour cet effet cette cheville est arrêtée par les bouts *cc* de la coulisse (*fig.* 6).

[a] La longueur effective du spiral ne se mesure que depuis *a* au point où est fixé l'autre bout du spiral, puisque la fente du bras *a* empêche qu'il n'agisse de plus loin.

169. Pour faire mouvoir ce rateau *Rr* (*fig.* 9, le quarré qui porte l'aiguille *t* qu'on appelle *l'Aiguille de Rosette*, porte aussi la roue *S*, laquelle engrene dans le rateau ; & selon qu'on tourne cette aiguille, on fait avancer ou reculer le rateau, & par conséquent on fait avancer ou retarder la Montre, comme je viens de le dire. Le chemin de cette aiguille *t* est marqué par le cadran *R* (*Pl. VI, fig.* 1) : ce cadran qu'on appelle aussi la *Rosette*, porte des divisions qui indiquent la quantité dont on fait marcher l'aiguille.

170. La figure 8 Planche VII représentée la fusée *F* & la roue *B* : voici la maniere dont elles s'ajustent ensemble. La roue *ff* qui est au-dessous de la fusée, est taillée en rochet, c'est-à-dire, que les dents sont droites d'un côté & inclinées de l'autre ; son usage est le même que celui qu'on a vu dans les remontoirs des Pendules (n° 34).

171. La roue *B* est appliquée contre le rochet *ff* de la fusée par le moyen de la virole *C* laquelle entre à frottement sur l'axe de la fusée ; ce qui l'empêche de s'en écarter, lui permettant seulement de tourner.

172. Lorsque l'on remonte les Montres, on sent un arrêt qui empêche de monter le ressort plus haut, & par conséquent de rien forcer : voici comment cet effet se produit. La platine *NN* (*fig.* 1) porte la piece ou bras *b* mobile sur le piton *B*. Ce bras peut seulement s'approcher ou s'éloigner de la platine : le ressort *r* tend continuellement à l'en éloigner. Lorsqu'on remonte la Montre, la chaîne *H* (*fig.* 4) qui actuellement entoure le tambour *A*, s'applique dans la rainure de la fusée *F*, en commençant par la base & finissant au sommet ; pour lors la chaîne agit sur le bras *b*, & l'oblige de s'approcher de la platine ; continuant à tourner la fusée, le crochet *G* qu'elle porte vient arcbouter contre le bout *b* du bras, ce qui arrête l'effort de la main, & avertit que la Montre est remontée au haut. Lorsque la fusée est entraînée par le ressort ou moteur, la chaîne s'applique de nouveau sur le barrillet *A*, & le ressort *r* éloigne le bras *b* qui permet au crochet *G* de la fusée de passer entre lui & la platine. On

appelle *Garde-chaîne* les pieces *b*, *B r*, qui empêchent de trop remonter la Montre.

173. Le reſſort (*fig.* 5) fait voir le moteur d'une Montre dans ſon état naturel & développé : il ſe met dans le barrillet ou tambour *A*. Pour le faire entrer dans le barrillet, on ſe ſert d'un arbre portant un crochet qui agit ſur le bout intérieur du reſſort, lequel porte une ouverture pareille à celle *o* du bout extérieur. Ainſi tournant cet arbre, les ſpires du reſſort ſe reſſerrent & s'approchent; & on leur fait occuper un petit volume capable d'entrer dans le barillet *A*. Un bout de l'arbre *a* porte quarrément une roue *R* (*fig.* 4) qu'on appelle *Roue de vis ſans fin*; elle doit être de l'autre côté du barrillet; mais comme elle n'auroit pu être vue, je l'ai fait repréſenter deſſus, comme on voit, pour en mieux faire ſentir l'uſage; les dents de cette roue entrent dans le pas de la vis ſans fin *V* (*fig.* 2); c'eſt au moyen de cette roue *R*, & de la vis *V*, que l'axe du barrillet reſte immobile, tandis que le barrillet tourne & que le reſſort ſe monte, ſelon que l'y oblige la fuſée, & qu'il ſe développe enſuite par ſa force naturelle qui tend à reprendre la premiere ſituation : pour cet effet un des bouts *r* du reſſort s'accroche à l'arbre immobile *a*, & l'autre tient au barrillet *A*, & par conſéquent celui-ci tourne, ſelon qu'il eſt entraîné par le reſſort; ainſi les ſpires du reſſort s'enveloppent l'une ſur l'autre, lorſqu'avec la fuſée on fait tourner le barrillet, & avec lui le bout *o*, & ainſi de ſuite, &c.

174. Le bout extérieur du reſſort eſt détrempé pour faire l'ouverture *o*, ce qui le rend ſujet à fléchir près de l'endroit où il eſt accroché, & à frotter contre les ſpires de ce reſſort. Pour y obvier, on ſe ſert d'une piece qu'on appelle *Barrette*. Cette piece traverſe le barrillet dans ſon épaiſſeur à ſoixante degrés environ du point de la circonférence intérieure du barrillet où eſt placé le crochet. Elle s'applique ſur la lame du reſſort à l'endroit où elle eſt trempée; & c'eſt de ce point que l'on compte l'action du reſſort; de même que celle du reſſort ſpiral du balancier des Montres ſe compte de la fente du rateau.

175. La vis ſans fin *V* porte un bout quarré, au moyen duquel on peut faire tourner l'arbre du barrillet, & donner plus ou moins de tenſion au reſſort.

CHAPITRE X.

Deſcription d'une Montre à répétition, avec un échappement à Cylindre, *ſelon la conſtruction de* Graham.

176. Ce que j'ai dit ſur les répétitions dans les Horloges à Pendules, & ſur la Montre ſimple, étant une fois bien entendu, on concevra aiſément le méchaniſme d'une Montre à répétition, qui n'eſt en petit que ce qu'eſt une Pendule en grand.

177. La figure premiere de la Planche VIII repréſente le rouage du mouvement ([a]) & de la répétition, & toutes les pieces qui ſont miſes entre les deux platines.

178. Le reſſort du mouvement eſt contenu dans le barrillet *A* : *B* eſt la grande roue ou la roue de fuſée ; *C*, la grande roue moyenne dont le pivot prolongé porte la chauſſée (162) ſur laquelle s'ajuſte l'aiguille des minutes ; *D* eſt la petite roue moyenne ; *E*, la roue de champ, & *F*, la roue *de cylindre* ou d'échappement. La fuſée *I* eſt ajuſtée ſur la grande roue *B* de la même maniere que nous l'avons vu (171), pour celle de la Montre, la chaîne l'entoure de même, & tient de même au barrillet : le crochet *O* ſert à arrêter la main lorſqu'on a remonté la Montre au haut ; il arrête ſur le bout du garde-chaîne *C* (*figure* 2) qui tient à l'autre platine :

[a] On diſtingue ici entre les roues, celles du mouvement ou qui ſervent à meſurer le temps, comme les roues *B*, *C*, *D*, *E*, *F*; & celles de la répétition qui ſervent à régler l'intervalle entre les coups de marteau, telles ſont les roues *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, dont l'aſſemblage s'appelle le *Petit Rouage*.

ſon effet ſe fait de même que celui de la Montre ſimple (172). La ſigure 3 repréſente le développement de l'échappement à cylindre, (dont on verra la deſcription, chapitre XXII). *B* eſt balancier fixé ſur le cylindre ; *F* eſt la roue de cylindre, laquelle eſt repréſentée comme tendant à agir ſur le cylindre & à faire faire des vibrations au balancier : je n'ai pas fait mettre le ſpiral ni ce qu'on appelle *la Couliſſerie* (167), & le deſſus de la platine ; (on appelle *Deſſus de Platine*, les pieces qui ſe mettent ſur la platine du balancier (*Pl. VI. fig.* 1), comme la *Roſette*, *le Coq & la Couliſſerie*, toutes ces parties étant les mêmes que celles de la Montre à roue de rencontre, vue dans les figures *6* & *9* de la Planche VII, & décrite dans le chapitre précédent.

179. Le rouage de la répétition eſt compoſé de cinq roues *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, du pignon *f* & de quatre autres pignons. L'effet de ce rouage eſt de régler l'intervalle entre chaque coup de marteau ([a]).

180. La premiere roue *a* ou grande roue de ſonnerie, porte un cliquet & un reſſort ſur lequel agit un petit rochet mis ſous le rochet *R*, ce qui forme un encliquetage comme celui que l'on a vu à la premiere roue de répétition (*Pl. V, fig.* 1), dont l'uſage eſt le même, c'eſt-à-dire, que quand on pouſſe le pouſſoir, le rochet *R* rétrograde ſans que la roue *a* tourne ; & le reſſort qui eſt dans le barrillet *B* (*fig.* 2) ramenant le rochet *R*, dont l'axe *g* eſt accroché au reſſort, le petit rochet arcboute contre le cliquet, fait tourner la roue *a*, & le rochet *R* fait frapper le marteau *M*, dont le bras *m* eſt engagé dans les dents de ce rochet.

181. Le reſſort *r* attaché à la platine (*fig.* 2) agit ſur

[a] De ſorte que ſi l'on fait la premiere roue *a* de 42 dents, la ſeconde *b* de 36, la troiſieme *c* de 33, la quatrieme *d* de 30, & la cinquieme *e* de 25 ; ſi de plus tous les pignons où ces roues engrenent, ont 6 dents : pendant que la premiere *a* fera un tour, le pignon *f* en fera 4812 $\frac{1}{2}$: or le rochet *R* que porte la premiere roue *a*, eſt ordinairement diviſé en 24 parties, dont on retranche enſuite la moitié, afin qu'il n'en reſte que 12 pour frapper 12 coups pour les 12 heures. Si donc on diviſe 4812 par 24, on aura le nombre de tours que fait le cinquieme pignon pour chaque coup de marteau ; cela donne 200 $\frac{1}{2}$ tours du pignon *f* pour une dent du rochet *R*.

la petite partie *n* du bras *m* (*fig.* 1) : l'effet de ce reſſort eſt de preſſer le bras *m* contre les dents du rochet, de ſorte que lorſqu'on fait répéter la Montre, le rochet *R* rétrograde & le reſſort *r* ramene toujours le bras *m*, afin que les dents du rochet faſſent frapper le marteau. Paſſons maintenant à la deſcription de la Cadrature.

PLANCHE IX.

182. La figure premiere repréſente cette partie d'une répétition qu'on appelle *Cadrature*. Elle eſt vue dans l'inſtant où l'on vient de pouſſer le bouton pour la faire répéter (a). *P* eſt l'anneau auquel tient le pouſſoir ; il entre dans le canon *O* de la boîte, & s'y meut ſur ſa longueur, en tendant au centre ; il porte la piece *p* qui eſt d'acier, & fixée au pouſſoir ; elle eſt limée, plate par deſſous ; une plaque qui tient à la boîte ſert à l'empêcher de tourner, & lui permet ſeulement de ſe mouvoir ſur ſa longueur ; l'excédent de cette piece eſt pour retenir le pouſſoir de maniere qu'il ne puiſſe ſortir du canon de la boîte.

183. Le bout de la piece *p* agit ſur le talon *t* de la *crémaillere* *CC*, laquelle a ſon centre de mouvement en *y*, & dont l'extrémité *c* fixe un bout de la chaîne *ss*. L'autre bout tient à la circonférence d'une poulie *A* miſe quarrément ſur l'axe prolongé de la premiere roue du petit rouage. Cette chaîne paſſe ſur une ſeconde poulie *B*.

184. Si donc on pouſſe le pouſſoir *P*, le bout *c* de la crémaillere parcourra un certain eſpace, & par le moyen de la chaîne *ss*, il fera tourner les poulies *A*, *B* ; ainſi le rochet *R* (b) (*fig.* 2) rétrogradera juſqu'à ce que le bras *b* de la

a En ôtant d'abord les aiguilles & enſuite la vis qui attache le cadran des répétitions, on verra le même méchaniſme que préſente cette figure ; c'eſt la diſpoſition de cadrature la plus généralement ſuivie ; elle eſt ſolide, & d'une exécution facile.

b Pour mieux concevoir l'effet & la diſpoſition de cette répétition, il ne faut que jetter un coup-d'œil ſur la figure 2 : on voit en perſpective la *crémaillere* *y c*, le limaçon *L* des heures & l'étoile *E*, les poulies *A* & *B*, le rochet *R*, la roue *a*, la levée *m n* & le grand marteau ; or ce ſont les principales parties d'une répétition : elles ſont deſſinées comme ſi elles étoient actuellement en mouvement.

crémaillere

crémaillere appuie ſur le limaçon *L* ; pour lors le reſſort moteur de la répétition ramenant le rochet & les pieces qu'il porte, le bras *m* ſe préſentera aux dents de ce rochet, & le marteau *M* frappera les heures, dont la quantité dépend du pas du limaçon *L* qui ſe préſente au bras *b*.

185. Le limaçon *L* eſt fixé à l'étoile *E* par le moyen de deux vis : ils tournent l'un & l'autre ſur la tige de la vis *V* portée par le tout-ou-rien *TR* qui ſe meut ſur ſon centre *T*; le tout-ou-rien forme avec la platine une cage où tournent l'étoile & le limaçon des heures. Voyons maintenant comment les quarts ſont répétés.

186. Outre le marteau *M* des heures, il y en a un autre *N* (*Pl. VIII, fig.* 1), dont l'axe ou pivot paſſe dans la cadrature & porte la piece 5, 6 (*Planche IX*) ; le pivot prolongé du grand marteau paſſe auſſi dans la cadrature, & porte le petit bras *q* ; ces pieces 5, 6 & *q* ſervent à faire frapper les quarts à doubles coups. C'eſt là l'effet de la piece des quarts *Q*, laquelle porte en *F* & en *G* des dents qui agiſſent ſur les pieces *q*, 6, & font frapper le marteau : cette piece *Q* eſt entraînée par le bras *k* que porte l'axe du rochet *R* au-deſſus de la poulie *A*, de maniere que, lorſque les heures ſont répétées, le bras *k* agit ſur la cheville *G* fixée ſur la piece des quarts, & l'oblige de tourner & de lever les bras *q* & 6, & par conſéquent les marteaux.

187. Le nombre de quarts que doivent frapper les marteaux, eſt déterminé par le limaçon des quarts *N*, ſelon les enfoncements *h*, 1, 2 ou 3 qu'il préſente ; la piece des quarts *Q* preſſée par le reſſort *D*, rétrograde ; & les dents s'engagent plus ou moins avec les bras *q*, 6, qui ont auſſi un mouvement rétrograde, & ſont ramenés par les reſſorts 10 & 9 : le bras *k* ramenant la piece des quarts, le bras *m* que porte cette piece, agit ſur l'extrémité *R* du tout-ou-rien *TR*, dont l'ouverture *x*, à travers de laquelle paſſe une broche fixée à la platine, permet que *R* parcoure un petit eſpace : le bras *m* étant parvenu à l'extrémité *R* ; celle-ci preſſée par le reſſort *ix* revient à ſon premier état, de maniere que le bras *m* poſe

ſur le bout *R*, & que la piece des quarts ne peut rétrograder ſans qu'on éloigne le tout-ou-rien. Le bras *u* que porte la piece des quarts, ſert à renverſer la levée *m* (*fig.* 2) dont la partie 1 paſſe dans la cadrature ; enſorte que lorſque les heures & les quarts ſont répétés, la piece des quarts continue encore à ſe mouvoir, & le bras *u* renverſe la levée *m* de la Planche VIII, au moyen de la cheville 1 qui paſſe à la cadrature, & la met par ce moyen hors de priſe du rochet *R*, pendant tout le temps que le tout-ou-rien *TR* ne laiſſera pas rétrograder la piece des quarts ; ce qui n'arrivera que dans le cas où ayant pouſſé le pouſſoir, le bras *b* de la crémaillere preſſera le limaçon, & fera parcourir un petit eſpace à l'extrémité *R* du tout-ou-rien : alors la piece des quarts deſcendra & dégagera les levées, & les marteaux frapperont le nombre d'heures & de quarts que donnent les limaçons *L* & *N*.

188. Le grand marteau porte une cheville 3 qui paſſe dans la cadrature au travers de l'ouverture 3 : le reſſort *r* agit ſur cette cheville, & fait frapper le grand marteau : ce marteau porte une autre cheville 2 qui paſſe auſſi dans la cadrature par l'ouverture 2 ; c'eſt ſur celle-ci qu'agit le petit talon de la levée *q* pour lui faire frapper les coups pour les quarts : le petit marteau porte auſſi une cheville qui paſſe dans la cadrature par l'ouverture 4 ; c'eſt ſur cette cheville que preſſe le reſſort 7, pour faire frapper le marteau des quarts ; le reſſort *S* eſt le ſautoir qui agit ſur l'étoile *E*.

189. La figure 4 repréſente la chauſſée & le limaçon *N* (*fig.* 1) vu en perſpective. Le limaçon *N* des quarts eſt rivé ſur le canon *c* de chauſſée dont l'extrémité *D* porte l'aiguille des minutes : ce limaçon *N* porte la ſurpriſe *S* dont l'effet eſt le même qu'à celle de la répétition en Pendule ; c'eſt-à-dire que lorſque la cheville *O* de la ſurpriſe fait avancer l'étoile, & que le ſautoir acheve de la faire tourner, une des dents de l'étoile vient toucher la cheville *O* qui porte la ſurpriſe, & fait avancer la partie *Z* (*fig.* 1) de cette ſurpriſe, en ſorte que le bras *Q* de la piece des quarts porte deſſus cette partie *Z*, & empêche la piece des quarts de deſcendre dans le pas 3

du limaçon ; ainſi la piece répete ſeulement l'heure. Ce changement d'une heure à l'autre ſe fait par ce moyen en un inſtant, & la piece frappe exactement les heures marquées par les aiguilles.

190. Le canon de la chauſſée *c D* (*fig.* 4) eſt fendu, afin qu'il puiſſe faire reſſort ſur la tige de la grande roue moyenne ſur laquelle il entre à frottement, aſſez doux pour pouvoir tourner aiſément l'aiguille des minutes de côté & d'autre ; & en avançant & reculant ainſi cette aiguille ſelon qu'il en eſt beſoin, on met auſſi à l'heure l'aiguille des heures.

191. Il eſt bon de détromper ici les perſonnes qui croient qu'on fait tort aux Montres en faiſant tourner l'aiguille des minutes en arriere ; pour ſe convaincre que cela n'y fait rien, il ſuffit de remarquer la poſition que doivent avoir les pieces d'une cadrature de répétition, lorſqu'elle a répété l'heure, & que le moteur a ramené & écarté toutes les pieces qui communiquent aux limaçons *L*, *N* ; car pour lors il ne reſte de communication entre les pieces du mouvement & celles de la cadrature, que celle de la cheville *O* du limaçon ou ſurpriſe, avec les dents de l'étoile *E* que rien n'empêche de rétrograder. Si donc on fait tourner l'aiguille des minutes d'un tour en arriere, la cheville *O* fera auſſi rétrograder une dent de l'étoile ; & ſi l'on fait répéter enſuite la Montre, elle frappera toujours juſte les heures & quarts marqués par les aiguilles. Mais il eſt à obſerver que ſi l'on tournoit les aiguilles dans le temps même qu'on fait répéter la Montre, alors elles feroient empêchées : il faut donc, pour toucher aux aiguilles d'une Montres ou Pendule à répétition, attendre qu'elle ait répété l'heure, & que toutes les pieces ayent repris leurs ſituations naturelles.

192. Il eſt aiſé de conclure de-là que, puiſqu'à une Montre à répétition on peut avancer & rétrograder, ſelon qu'il eſt beſoin, l'aiguille des minutes, à plus forte raiſon cela eſt-il poſſible dans une Montre ſimple, où aucun obſtacle ne s'y oppoſe.

193. Quant à l'aiguille des heures d'une Montre à répé-

tition, on ne doit la faire tourner, ſans celle des minutes, que dans le cas ſeulement où la répétition ne frapperoit pas l'heure marquée par l'aiguille des heures; pour lors il faudroit remettre cette aiguille à l'heure que frappe la répétition.

Lorſque la répétition ſe dérange d'elle-même d'avec l'aiguille des heures, c'eſt une preuve que le ſautoir *S* ou la cheville *O* du limaçon ne produit pas bien ſon effet.

194. La roue de renvoi (*fig.* 6) ſe poſe & tourne ſur la broche 12 (*fig.* 1): cette roue engrene dans le pignon de la chauſſée *N*; celui-ci a 12 dents; la roue (*fig.* 6) en a 36: la chauſſée fait donc 3 tours pendant qu'elle en fait un; celle-ci porte un pignon qui a 10 dents, qui engrene dans la roue de cadran (*fig.* 5) qui en a 40: la roue (*fig.* 6) fait donc 4 tours pour un de la roue de cadran; la chauſſée fait par conſéquent 12 tours pour un de la roue de cadran: or la chauſſée fait un tour par heure; la roue de cadran reſte donc 12 heures à faire une révolution: c'eſt le canon de cette roue qui porte l'aiguille des heures. La levée *m n* (*fig.* 2) peut décrire un petit arc qui permet au rochet *R* de rétrograder; & dès que le moteur le ramene, le bras 1 de la levée entraîne le marteau *M*.

195. La figure 3 repréſente le deſſous du tout-ou-rien avec deux broches, l'une *u*, ſur laquelle il ſe meut, & l'autre *x*, ſur laquelle tourne l'étoile & le limaçon vu (*fig.* 7): le trou *e* de cette piece ſert à laiſſer paſſer le quarré de la fuſée du mouvement, lequel paſſe au cadran pour remonter la Montre.

196. *W* (*fig.* 1) eſt le reſſort de cadran; c'eſt lui qui empêche que le mouvement ne s'ouvre.

Y eſt un petit pont qui retient la crémaillere, & l'empêche de s'éloigner de la platine, lui permettant ſeulement de tourner ſur elle-même.

197. Toutes les parties de la répétition que nous venons de décrire ſe logent ſur la platine, & ſont recouvertes par le cadran; ainſi il faut qu'entre la platine (*fig.* 1) & le cadran, il y ait un intervalle qui permette le jeu de la cadrature: c'eſt à cet uſage qu'eſt deſtinée une piece qui n'eſt pas ici repréſentée,

& qu'on appelle la *Bâte*. Cette bâte eſt une eſpece de cercle ou virole qui s'emboîte ſur la circonférence de la platine avec laquelle elle eſt retenue au moyen des *clefs* 13 & 14 : la bâte eſt recouverte par le cadran ; celui-ci ſe fixe après la bâte au moyen d'une vis.

REMARQUES.

198. Une répétition eſt faite pour frapper l'heure qu'il eſt au moment que l'on preſſe le pouſſoir ; ainſi il faut diſpoſer la machine de maniere qu'elle ſoit facile à pouſſer, & que les coups de marteaux ſoient les plus forts poſſibles. Quant au premier, cela dépend de deux choſes (la force du reſſort étant donnée) de la longueur du pouſſoir, c'eſt-à-dire, de l'eſpace parcouru & de la maniere de faire agir le pouſſoir ſur la crémaillere : par rapport à ce dernier, il faut tellement placer la crémaillere que le point de contact du pouſſoir ſuive l'arc décrit par la crémaillere ; de cette maniere la force ne ſe décompoſera pas, ainſi l'action de la main ſur le pouſſoir agira entiérement ſur la crémaillere.

199. Par rapport au pouſſoir, ſa longueur dépend du point où il agit ſur les crémailleres, c'eſt-à-dire, ſelon qu'il agit plus ou moins près du centre de mouvement : on voit clairement que s'il agit près du centre, il faudra plus de force, mais qu'il parcourra un moindre eſpace ; & au contraire. Quant à la force du coup de marteau, elle eſt limitée par la force du reſſort moteur, & par la force que le petit rouage exige pour être mû ; car il eſt clair que ce n'eſt que l'excédent de cette force du reſſort ſur la réſiſtance du rouage, que l'on peut employer pour lever le marteau ; le nombre des coups de marteau pour une révolution du rochet, détermine encore la force du coup.

CHAPITRE XI.

Description d'une Montre à réveil.

200. Les Montres à réveil font des machines difpofées de maniere qu'une heure quelconque étant donnée, un marteau frappe fur un timbre, & fait un bruit capable d'éveiller. Ce marteau eft mis en mouvement par un petit rouage particulier fur lequel agit un reffort femblable à celui (*Pl. VI fig.* 5), mais qui eft plus petit. Lorfqu'on veut que le réveil frappe, on fait tourner le cadran *A* (*fig.* 1) jufqu'à ce que l'heure à laquelle on veut s'éveiller fe trouve fous la pointe *E* de l'aiguille des heures; on remonte le reffort du réveil, & on laiffe marcher la Montre: lorfque l'aiguille des heures eft parvenue fur le grand cadran à l'heure marquée par l'aiguille fur le cadran *A*, une détente qui communique au cadran, donne la liberté au petit rouage de tourner & de faire frapper le marteau fur le timbre. Il y a différents moyens mis en ufage pour faire des réveils; mais celui de tous qui eft le plus fimple, le plus facile à exécuter, & qui (médiocrement fait) eft le plus folide, eft celui dont on va voir la defcription, & que repréfentent les figures 1, 2, 3, 4, (*Pl. X*).

PLANCHE X, *Figure* 2.

201. *B* eft le barrillet ou tambour du mouvement; *A*, la roue de fufée; *F*, la fufée; *S*, la chaîne; *O*, le crochet qui arrête contre le garde-chaîne; *C*, la grande roue moyenne; *D*, la petite roue moyenne; *E*, la roue de champ; & *R* (*fig.* 4) la roue de rencontre ou d'échappement.

202. Les roues *C* & *R* (*fig.* 3) font les roues de cadran.

203. Voilà toutes les parties d'une Montre ordinaire, femblable à celle que j'ai décrite Ch. IX. Il n'eft donc pas

besoin de répéter ici cette description ; je m'arrêterai simplement à ce qui regarde le réveil.

204. La roue *G* (*fig.* 2) est la premiere roue de réveil : elle est portée par l'axe *m*, sur lequel est fixé le rochet *N*, qui agit sur l'encliquetage porté par la roue *G*.

205. La platine (*fig.* 4) s'applique sur celle (*fig.* 2) qui porte les piliers ; ce qui forme la cage dans laquelle se meuvent les roues de la seconde figure : cette platine (*fig.* 4) ainsi mise, l'axe *m* passe dans le trou du barrillet *B*, en sorte que son crochet *N* entre dans l'œil intérieur du ressort ou moteur du réveil contenu dans le barrillet. Ainsi lorsqu'on remonte cet axe, le crochet qu'il porte tend le ressort dont le bout extérieur est attaché au bord extérieur du barrillet ; & lorsque le ressort ramene le crochet ou axe *N* & le rochet *m*, celui-ci agit sur le cliquet porté par la roue *G*, & l'oblige de tourner, ainsi que la roue *n* portée par le pignon *g* dans lequel elle engrene, & fait par conséquent aussi tourner le pignon *f* : sur celui-ci est fixée la roue ou rochet *R* qui est posé sur l'autre côté de la platine (*fig.* 3), de même que la roue *n* : les pivots de ces deux roues tournent dans les trous du pont *H*.

206. Les dents du rochet *R* d'échappement (*fig.* 3) agissent alternativement sur les leviers *a*, *b* qui se communiquent le mouvement réciproquement au moyen des dents que ces leviers *a*, *b* portent. Le levier *a* est fixé & mis quarrément sur le pivot prolongé *p* du marteau du réveil *M* (*fig.* 5) ; ce marteau est mobile, & se pose en *I* (*fig.* 2) & passe sous le barrillet *B* du mouvement ; l'autre levier *b* se meut sur une broche que porte la platine (*fig.* 3) : ces deux leviers *a* & *b* étant mis en mouvement par le rochet *R*, on voit que le marteau *M* (*fig.* 2) tournera, allant & venant alternativement de côté & d'autre ; & que si on place en *M* & *M* un corps sonore, comme par exemple un timbre, ce marteau le fera sonner avec une force relative à l'espace que le marteau parcourra, à la masse du marteau, à la force du moteur ou ressort, & enfin à la grandeur du timbre : le bruit que doit faire un réveil dépend donc de

ces différentes chofes, & de la maniere dont la force du reffort fe communique au rouage, &c.

207. La piece *A* (*fig.* 3) eft portée quarrément par le pivot prolongé de l'axe ou arbre *m* (*fig.* 2) : ce quarré ou pivot paffe au cadran & fert à remonter le réveil ; cette piece porte une dent dont l'ufage eft de régler le nombre de tours dont on doit remonter le reffort du réveil. La petite roue *F* porte 3 dents qui n'occupent qu'une moitié ou partie de la circonférence ; enforte que fi l'on fait tourner la dent de la piece *A*, elle entrera alternativement dans les vuides des dents de la roue *F*, & cela jufqu'à que cette roue *F* préfente la partie où il n'y a pas de dents ; pour lors la dent de la piece *A* ne pourra plus tourner, & ce reffort fera remonté ; enfin lorfque le reffort fe développera, il ne tournera qu'au point où la dent de la piece *A* viendra pofer fur le bord de la roue.

208. La roue *F* tourne fur une broche ou vis portée par la platine : le reffort ou piece *G* preffe cette roue *F* de maniere qu'elle ne tourne qu'à frottement, lorfqu'elle y eft obligée par la dent de la piece *A*. Voyons maintenant comment le rouage & le moteur font retenus lorfque le reffort eft monté, & par quel moyen le réveil part à une heure prife à volonté.

209. Le levier *b* (*fig.* 3) porte la partie angulaire 1, 2 dans laquelle entre l'angle *d* formé fur le bras de la détente *df* 4 mobile en *f*; le bras *f* 4 vient pofer fur une plaque *p* fixée fur un canon qui entre à frottement fur celui de la roue *C* de cadran : cette plaque *p* fait donc un tour en 12 heures.

210. Pendant tout le temps que le bras *f* 4 appuie fur le bord de la plaque *p*, les leviers *a* & *b* étant retenus par l'angle *d* de cette détente, ne peuvent tourner, ni le marteau frapper. La plaque *p* a une entaille *o* laquelle étant parvenue à l'extrémité 4 de la détente *df* 4 fert à y laiffer defcendre le bras *f* 4, lequel preffé par le reffort *q*, ainfi que par le plan incliné de l'angle 1, 2, ne tend qu'à entrer dans l'entaille *o*, dès qu'elle fe préfente : pour lors le bras *d* s'éloigne de l'angle 1, 2 du levier, celui-ci tourne par ce moyen de côté & d'autre, felon que

que l'y oblige rochet *R*, ainſi le marteau frappe ſur le timbre.

211. Le cadran *A* (*fig.* 1) eſt diviſé en 12 parties : il ſe fixe quarrément ſur le canon de la plaque *p* (*fig.* 3), laquelle tourne, comme je l'ai dit, avec la roue de cadran.

212. L'entaille *o* de la plaque *p* ſe préſente au bras 4*f*, à l'inſtant que les 12 heures du petit cadran ſe trouve dans la ligne de ſix heures du grand ; ainſi chaque fois que le cadran *A* fait un tour, ſi le réveil eſt monté, il marchera au moment que le chiffre 12 ſe trouvera à la ligne de ſix heures. Or ſi dans cette poſition on met la petite pointe de l'aiguille des heures (l'aiguille eſt diamétralement oppoſée à la grande aiguille) ſur le chiffre 12 du cadran *A*, l'aiguille des heures marquera midi ſur le grand cadran, tandis que les 12 heures du petit cadran ſeront diamétralement oppoſées à celle du grand ; ainſi le réveil partira à midi, puiſqu'à cet inſtant l'entaille *o* ſe préſente au bras 4*f*.

213. Le réveil part, comme on vient de le voir, chaque fois que le chiffre 12 ſe trouve avec la ligne de ſix heures du grand cadran : ainſi l'heure à laquelle doit frapper le marteau dépend de l'intervalle qu'il y aura du chiffre 12 du cadran *A* à la pointe *E* de l'aiguille ; car on a vu qu'en mettant la pointe *E* de l'aiguille ſur le chiffre 12, le réveil part, lorſque l'aiguille des heures arrive ſur le midi : ſi donc on met la pointe *E* de l'aiguille ſur le chiffre 1 du cadran *A*, cela rétrogradera d'une heure le cadran : ainſi lorſque l'aiguille des heures ſera ſur midi la pointe de l'aiguille étant ſur le chiffre 1 du cadran, il faudra que l'aiguille des heures parcoure une heure du grand cadran ; pour lors le chiffre 12 du cadran *A* ſera dans la ligne de ſix heures, & le réveil partira.

214. C'eſt par un ſemblable raiſonnement qu'on verra que mettant la pointe *E* de l'aiguille ſur le chiffre 3, lorſque l'aiguille des heures ſera arrivée ſur le midi, le cadran de réveil préſentera le chiffre 3 à la ligne de ſix heures : il faudra donc que l'aiguille des heures & le cadran *A* parcourent encore trois heures, avant que le chiffre 12 ſoit parvenu à la ligne de ſix heures, & que le réveil frappe ; celui-ci partira donc lorſque l'aiguille

des heures arrivera ſur trois heures, & ainſi de ſuite pour toutes les autres heures, &c.

215. Dans les réveils à cadran, il ſuffit donc de mettre le chiffre qui repréſente l'heure à laquelle on veut être éveillé, ſous la pointe *E* de l'aiguille ; pour lors la grande aiguille arrivée à l'heure en queſtion, le réveil ſonne.

216. Le bras *x* du levier *b* (*fig.* 3) ſert à empêcher le marteau *M* d'approcher trop près du timbre ; la fourchette *P* qui fait reſſort, ramene le marteau dès qu'il a frappé ſur le timbre ; le reſſort *h* eſt celui de cadran ; 5 eſt un cliquet qui, avec le rochet *D*, tient lieu de la vis ſans fin, qui s'emploie communément pour fixer par l'arbre, le bout intérieur du reſſort de mouvement, & pour lui donner le degré de tenſion dont il eſt beſoin : le reſſort 3 preſſe le cliquet contre le rochet *D*.

CHAPITRE XII.

Comment on fait marquer l'Équation du temps à une Machine.

DESCRIPTION D'UNE PENDULE A ÉQUATION.

217. LES Pendules & les Montres ne pouvant diviſer & indiquer naturellement que le temps uniforme ou moyen, & le Soleil étant le corps dont le mouvement, quoique variable (8), eſt le plus facile à obſerver, on a compoſé des Pendules & Montres qui indiquent & ſuivent à la fois le temps vrai ou apparent (10), & le temps moyen ou uniforme (9) : c'eſt cette eſpece de machine qu'on nomme *Pendule à équation* ou *Montre à équation.* Ces ſortes de pieces ſont diſpoſées de maniere qu'une aiguille des minutes marque le temps moyen ou uniforme diviſé par le régulateur, & une ſeconde aiguille des minutes marque le temps vrai ou apparent : ainſi elles indiquent

à chaque inſtant la différence du temps vrai au temps moyen marquée par la table d'équation ; & ſi l'aiguille du temps moyen eſt réglée ſur le temps uniforme ou moyen, l'aiguille des minutes du temps vrai ſe rencontrera chaque jour à midi à l'inſtant du paſſage du Soleil par le méridien : or on a vu que le ſoleil varie, avançant dans des temps & retardant en d'autres : ainſi l'aiguille du temps vrai devra ſuivre les variations du ſoleil, & s'éloigner & ſe rapprocher de celle du temps moyen, ſelon les variations marquées par la table d'équation.

218. Pour concevoir cet effet, il faut imaginer une roue ordinaire des minutes, comme *m m* (*Pl. XI. fig.* 1), dont le canon porte l'aiguille *M* du temps moyen ; & que ſur le canon de cette roue, la roue *v v* peut tourner ſéparément ; enfin il faut concevoir que cette roue *v v* eſt fixée ſur un canon, dont le bout porte l'aiguille *V* qui ſera celle du temps vrai.

219. Il ne s'agit donc que de faire éloigner ou approcher chaque jour cette aiguille *V* de l'aiguille *M*, ſelon les quantités que marque la table d'équation pour tel jour ; & par ce moyen on aura une Horloge à équation.

220. Pour y parvenir, on a diſpoſé (*fig.* 1) les roues *n*, *o*, *p*, *q*, de façon qu'elles engrenent les unes dans les autres, comme on le voit dans la figure ; c'eſt-à-dire, que la roue *m* de temps moyen engrene dans la roue *n*, qui a le double de dents & de diametre ; celle-ci engrene dans la roue *o* qui n'a que la moitié du nombre de dents de la roue *n*, & qui fait par conſéquent un tour par heure comme la roue *m*. Sur la roue *o* eſt fixée la roue *p* qui engrene dans la roue *q* qui tourne ſur l'axe de la roue *n*, mais ſéparément. Cette roue *q* engrene dans la roue *v v* du temps vrai ; les roues *p*, *q*, *v* ont même nombre de dents ; ainſi elles font chacune une révolution en une heure, tandis que la roue *n* reſte deux heures à en faire une.

221. Les axes des roues *o* & *p* ſont placées ſur la broche *I l* de la piece *I H* dont on voit le profil (*fig.* 2) ; & cette piece *I H* ſe meut autour de l'axe de la roue *n*, par le moyen du rateau *R R R* & de la roue *H*. Elle peut décrire plus d'un

demi-tour en emportant les roues *o*, *p*, qui peuvent par conféquent aller de *p* vers *z* ou vers *x*.

222. Or, lorfque la roue *o* eft ainfi entraînée, & qu'elle décrit une demi-circonférence, elle fait un tour ([a]) fur elle-même indépendamment de la roue *n* : la roue *p* fait auffi un tour fur elle-même, & par conféquent elle fait tourner les roues *q* & *vv* : ainfi tandis que la roue *m* du temps moyen refte immobile, la roue du temps vrai *vv* peut avancer ou reculer, felon le côté vers lequel on fait tourner la piece *IH*.

223. On peut donc, felon le mouvement que l'on donne à cette piece *IH*, faire avancer ou retarder plus ou moins l'aiguille du temps vrai, celle du temps moyen reftant immobile. Voici comment on regle le mouvement de cette piece.

224. La roue *AA* fait une révolution en une année jufte : elle porte fixément la *courbe* ou *ellipfe E* fur laquelle appuie la roulette *O* portée par le levier *QLR*, dont le centre de mouvement eft en *L*; or, felon les points où la roulette *O* porte fur la courbe, le rateau *RR* fait avancer ou reculer la piece *IH*, & par conféquent l'aiguille du temps vrai *V* fe rapproche ou s'éloigne de côté ou d'autre de l'aiguille de temps moyen *M*. Il faut donc former cette courbe ou ellipfe, de maniere, qu'à tel jour de l'année le temps vrai étant en avance ou retard d'un certain nombre de minutes à l'égard du temps moyen, la piece *IH* écarte d'autant l'aiguille *V* de l'aiguille *M* : on verra ci-après comment on doit tracer cette courbe; mais d'abord il eft à propos d'achever la defcription des autres parties de cette machine.

225. La piece *IH* porte un *cuivrot*, ou une efpece de poulie *pp* (*fig.* 2), laquelle eft entourée par une corde *D* (*fig.* 1), dont un bout eft fixé à la poulie & l'autre au reffort *FD*, ce qui fait appuyer continuellement la roulette *O* fur

[a] Il faut obferver que, quoique la roue *p* faffe un tour fur elle-même, elle ne fait cependant pas faire un tour à la roue *q*, mais feulement un demi-tour; car il faut fouftraire du tour entier fait par la roue *o* ou *p*, la demi-circonférence qu'elle parcourt concentriquement à la roue *n*. Ainfi lorfqu'on fait décrire à la piece *IH* ou aux roues *o*, *p* qu'elle porte, une demi-circonférence autour de l'axe de la roue *n*; la roue *vv* fait une demi-révolution.

l'ellipfe. Comme les engrenages des roues *m*, *n*, *o*, *p*, *q*, *vv* ont néceffairement du jeu, & que cela forme un balotage qui produiroit une erreur pour l'équation, il faut placer entre les roues *m*, *v*, un reffort fpiral *S* qui preffe continuellement l'aiguille *V* d'un même côté ; or pour rendre ce reffort très-foible, il faut mettre l'aiguille *V* d'équilibre au moyen d'un poids oppofé.

226. La piece *IH* (*fig.* 2) fe meut fur la platine autour du canon *vvh*, vu figure 7, dont le rebord *aa* fert de pont. Ce canon eft fixé à la platine au moyen des vis *vv* (*fig.* 2) ; il eft placé *concentriquement* aux roues *q*, *n* (*fig.* 1) : pour cet effet le trou de ce canon eft affez grand pour laiffer paffer librement les axes de ces roues. La roue *n* eft rivée fur un canon qui roule fur la tige de la roue *q*.

227. La roue *q* eft rivée fur un pignon *t* lequel engrene dans la roue *c* de cadran.

228. *W* eft un pont ou coq, qui forme une efpece de cage avec la platine entre laquelle tournent les roues *q*, *n*. *B* eft le pont de la roue de cadran.

229. S'il y a une fonnerie à une telle Pendule, on peut lui faire fonner le temps vrai ou le temps moyen. Si l'on veut faire fonner le temps vrai, il faut que ce foit la roue *vv* qui porte les chevilles des détentes : fi l'on veut qu'elle fonne le temps moyen, ce fera la roue *m*.

230. Nous obferverons que dans une Horloge à équation de cette conftruction, on peut placer l'aiguille des fecondes au centre des autres aiguilles, ou hors du centre : fi les aiguilles font *concentriques*, alors la roue des fecondes devra paffer à travers un pont *Pu* (*Pl.* 3, *figure* 2), fur lequel roulera le canon *e* qui doit porter la roue *m* du temps moyen, dont l'ajuftement eft parfaitement femblable à celui de la Pendule à fecondes concentriques, que nous avons décrite ch. III ; & fi les fecondes font excentriques, alors la roue du temps moyen fera portée immédiatement par la tige du mouvement, comme celle de la répétition (*Pl. V*) décrite chap. VII, (122).

231. Voici maintenant le moyen que j'ai imaginé pour

faire mouvoir la roue annuelle. Il eſt tel que, ſans employer pluſieurs roues, on n'eſt point obligé de toucher à la roue annuelle dans les années biſſextiles ; ainſi elle fait une révolution exacte, & la Pendule marque juſte les quantiemes du mois & les années biſſextiles.

232. La roue annuelle *A* eſt fendue à rochet, & porte 366 dents ; elle eſt maintenue par le ſautoir *S*. L'axe prolongé d'une roue de la ſonnerie, (ou du mouvement) qui doit faire un tour en 24 heures, porte la palette *P* qui à chaque tour fait avancer une dent de la roue annuelle, qui par conſéquent emploie 366 jours à faire une révolution, ce qui fait le nombre de jours des années biſſextiles ; mais comme les années communes ne ſont que 365 de jours, il faut faire paſſer à chaque année de 365 jours, deux dents de la roue annuelle en un jour, ſavoir la nuit du 28 Février : voici comment cet effet eſt produit.

233. Tout près de la roue annuelle, ſe meut l'étoile *T*, entre la plaque du cadran & le coq *X* ; cette étoile a 8 dents ou rayons, leſquels ſont maintenus par le ſautoir ou valet 3, 4, ſur lequel agit le reſſort *f*. L'étoile porte un cadran *Y* ſur lequel eſt gravé : *Année biſſextile : premiere, ſeconde, & troiſieme année après la biſſextile.* Chacune de ces diviſions paroiſſent alternativemeut au travers de l'ouverture faite à la plaque du grand cadran des heures, & ſervent à faire connoître l'année biſſextile ou les années communes.

234. La roue annuelle porte une cheville qui répond au premier Janvier ; cette cheville ſert à faire avancer l'étoile *T* d'une dent ; c'eſt-à-dire, que la nuit du 31 Décembre au premier Janvier, cette cheville agit ſur une dent de l'étoile, & l'oblige de tourner ; (ſi c'eſt l'année biſſextile, le cadran *Y* marque l'année biſſextile.) La roue annuelle porte une ſeconde cheville qui répond au 28 Février ; de ſorte que dans la nuit du 28 au 29 Février, cette cheville fait tourner une ſeconde dent de l'étoile.

235. La palette *P* qui fait tourner la roue annuelle ayant fait paſſer la dent qui répond au 29 Février, le rayon de l'étoile

qui ſe trouve actuellement en action avec le valet 3,4, étant parvenue à l'angle de ce ſautoir, celui-ci en reprenant ſa poſition acheve de faire parcourir un eſpace à l'étoile *T*, dont un rayon vient poſer ſur une troiſieme cheville *r* de la roue annuelle, ce qui oblige celle-ci de ſe mouvoir d'une quantité égale à celle d'une dent; ce qui répond au premier Mars. La dent de la roue annuelle qu'a fait paſſer la palette, & celle que le valet & l'étoile ont obligé d'avancer, ſont les deux dents qui paſſent en un ſeul jour ; ce qui donne les années communes qui ſe ſuccedent trois fois de ſuite; & comme l'année biſſextile doit avoir un jour de plus, le rayon de l'étoile qui répond à l'année biſſextile eſt entaillé, comme on le voit dans la figure, en ſorte que le valet produit ſon effet à l'ordinaire, mais le rayon n'agit pas ſur la troiſieme cheville ; les deux dents du 29 Février & premier Mars paſſent en deux jours. On voit que cet effet approche de celui de la ſurpriſe dans les Montres à répétition, & qu'il faut que le reſſort *f* du valet 3,4 ſoit aſſez fort pour ſurmonter la réſiſtance du ſautoir *S*, ce qui eſt très-aiſé à faire : j'en ai exécuté pluſieurs de cette maniere ; elles ont bien produit leur effet.

236. L'objection qu'on pourroit faire à cette maniere de faire mouvoir la roue annuelle, c'eſt qu'elle ne ſe meut pas continuement, & que par conſéquent l'équation qui change d'heure en heure, reſte la même les trois quarts du jour. J'en conviens ; mais comme la plus grande variation d'un jour à l'autre ne peut être que de 30 ſecondes, & cela ſeulement dans les derniers jours de Décembre, il arrive qu'alors à ſix heures du matin, l'équation differe de ſept ſecondes $\frac{1}{2}$, à midi elle eſt juſte, & à ſix heures du ſoir elle differe de la vraie équation de 7 $\frac{1}{2}$ ſecondes. Ainſi l'erreur qui réſulte d'une conſtruction d'équation dont la roue annuelle ne ſe meut pas continuement, doit être négligée ; elle ne pourroit même être apperçue dans les Horloges dont les cadrans ont dix pouces de diametre. Au reſte on peut, ſans rien changer à l'équation, employer une autre maniere de conduire la roue annuelle par un mouvement continu, en faiſant porter trois ou quatre dents,

au lieu d'une, à l'axe qui fait mouvoir la roue annuelle, & en augmentant à proportion la durée de la révolution de l'axe ou roue qui les porte : on pourroit encore appliquer à la roue annuelle taillée en dents & non à rochet, une vis sans fin dont l'axe seroit fixé à une des roues qui feroit un tour par jour.

237. Enfin si l'on desire que la roue annuelle se meuve continuellement & par gradation insensible, & qu'elle fasse en outre une révolution astronomique, c'est-à-dire, en 365 jours 5 heures 49 minutes, on employera les roues suivantes (a). La roue de cadran ou de 12 heures portera un pignon de 4 dents, (au lieu de faire le pignon de 4 on peut le faire de 8, & la roue de 25 sera de 50) & engrenera dans une roue de 25 dents ; celle-ci portera un pignon de 7 qui engrenera dans une roue de 69 ; celle-ci portera un pignon de 7 qui engrenera dans une roue de 83 qui sera la roue annuelle, laquelle restera 365 jours 5 heures 49 minutes à faire une révolution.

CHAPITRE XIII.

Des Pendules d'équation à cadrans mobiles.

PLANCHE XII, figure 1.

238. Si l'on conçoit qu'au centre du cadran *AB* d'une Pendule ordinaire, on ajoute un cercle ou cadran *EE* divisé en 60 parties, & gradué comme le cercle des minutes du grand cadran, & que ce cercle concentrique soit mobile, tandis que le grand cadran est fixé, & qu'enfin on attache sur l'aiguille du temps moyen, une autre aiguille ou index diamétralement opposé *c*, & de longueur propre à marquer

(a) Ceux qui desireront connoître les méthodes qu'on doit suivre pour calculer les révolutions du Soleil ou des Planetes, doivent consulter *le Cours de Mathématique* de M. Camus, *le Traite d'Horlogerie* du Pere Alexandre, *le Traite* de Hughens, intitulé : *Descriptio Automati Planetarii.*

sur

ſur le cercle mobile : on voit que ſelon que l'on fera tourner en avant ou en arriere le cadran mobile, la petite aiguille, dont le mouvement eſt uniforme, pourra y indiquer le temps vrai ou apparent, & cela par un moyen très-ſimple, puiſqu'il ſuffira de régler le chemin du cercle mobile d'après les tables de l'équation du temps.

239. Tel eſt le principe d'une Pendule & d'une Montre à équation, que je préſentai à l'Académie Royale des Sciences en 1754. Nous allons décrire la Pendule ; nous expliquerons dans les chapitres ſuivants la diſpoſition de la Montre.

240. La premiere figure repréſente la face ou cadran de cette Pendule. *AB* eſt le cadran des heures & minutes : il eſt fixé par quatre vis ſur la fauſſe plaque *CD* ; celle-ci porte quatre faux piliers qui ſervent à arrêter la plaque & le cadran, avec la cage du mouvement ; (cette diſpoſition eſt la même que dans les Pendules ordinaires) ; *EE* eſt le cercle ou cadran mobile des minutes du temps vrai, il eſt concentrique au grand cadran : ce cadran mobile repréſenté de profil (*fig.* 3), eſt rivé ſur un canon qui entre juſte dans le trou de la fauſſe plaque, & qui peut y tourner librement ; le bout inférieur de ce canon entre dans un pont *E* (*fig.* 2) attaché à l'autre côté de la fauſſe plaque ; ce canon roule de cette maniere dans le trou de la fauſſe plaque & dans celui du pont, comme dans une cage. Sur ce canon entre à frottement le pignon *F* vu de profil (*fig.* 4) ; ce pignon s'arrête avec le canon au moyen d'une cheville qui entre à frottement dans l'épaiſſeur du pignon & du canon. Le pignon *F* ainſi fixé ſur le canon du cercle mobile, empêche celui-ci de ſortir, lui laiſſant ſeulement la liberté de rouler ſur lui-même ; le rateau *GI*, qui engrene dans le pignon *F*, porte le bras *H*, dont le bout porte une cheville qui poſe ſur la *Courbe* ou *Ellipſe KK* attachée ſur la roue *L* qui fait ſa révolution en 365 jours.

241. L'uſage de cette courbe eſt de produire la variation du cercle mobile, ce qu'il eſt aiſé de voir ; car ce cercle va & vient ſur lui-même, ſelon que l'ellipſe oblige le bras *H* de s'écarter ou de ſe rapprocher du centre de la roue annuelle :

or le bras *H* entraîne le rateau *G*, celui-ci le pignon *F* & le cadran mobile.

242. On taille l'ellipſe de maniere que le cadran puiſſe parcourir un peu plus de ſa demi-révolution, ce qui répond à l'écart total du temps vrai & du temps moyen. Cet écart eſt de 30 minutes 50 ſecondes : nous expliquerons dans la ſuite la maniere de former cette ellipſe. (*Voyez Chap. XIX.*)

243. Pour faire appuyer continuellement le bras *H* ſur l'ellipſe & ôter le jeu de l'engrenage, j'ai pratiqué ſur le pignon *F* une rainure ou poulie, comme on le voit (*fig.* 4), laquelle eſt entourée par la corde *N* (*fig.* 2), dont un bout tient à la poulie, & l'autre eſt attaché au reſſort *MN*: c'eſt l'action de ce reſſort qui fait appuyer le bras *H* ſur l'ellipſe.

244. Le rateau *G* eſt mobile en *I* ſur une broche attachée à la plaque.

245. La cinquieme figure repréſente le plan du mouvement. *A* eſt la grande roue qui porte le tambour ou cylindre, lequel eſt entouré par la corde qui porte le poids qui fait marcher la Pendule : ce cylindre eſt vu en perſpective (*fig.* 6).

246. La figure 7 repréſente la roue *A* vue en plan, avec le reſſort de l'encliquetage que doit former le rochet *G* du tambour ou cylindre. Pour cet effet, l'axe du cylindre entre dans le trou qui eſt au centre de cette roue, & le bord du cylindre s'emboîte fort juſte dans une rainure faite à la roue. Par le jeu de l'encliquetage, la roue & le cylindre peuvent tourner ſéparément l'un de l'autre lorſqu'on remonte le poids, comme on l'a déja expliqué. Nous n'avons repréſenté ici cette partie que pour en mieux faire voir la diſpoſition. La figure 8 eſt ce qu'on appelle *la Clavette :* elle ſert à retenir & aſſembler la roue & le cylindre.

247. La roue *A* (*fig.* 5) reſte trois jours à faire une révolution, ce qu'il eſt aiſé de voir par le nombre de dents de roues, dont la derniere *E* eſt celle d'échappement, & fait un tour par minute.

248. Les ſecondes ſont concentriques au cadran : nous n'en repréſentons pas ici la diſpoſition. *Voyez Chap. III & Pl. III.*

249. Sur la roue *A* eſt fixée une petite roue *a*, qui a 24 dents ; celle-ci engrene dans la roue *F* de 96 dents, & qui reſte par ce moyen douze jours à faire une révolution.

250. L'axe de cette roue *F* porte un pignon de 12, lequel engrene dans la roue annuelle *L* (*fig.* 2) : cette roue porte 365 dents ; & comme le pignon de 12 fait un tour en 12 jours, chaque dent répond à un jour : ainſi la roue *L* reſte un an à faire ſa révolution par un mouvement continu.

251. La roue annuelle *L* (*fig.* 1) eſt graduée, comme on le voit, de maniere qu'elle marque les mois de l'année, & les quantiemes du mois qui paroiſſent ſur le cadran par une ouverture faite à la plaque, & qui ſont montrés par un index.

252. La roue annuelle eſt percée de 12 trous, dont chacun ſe préſente chaque mois au-deſſous de l'ouverture de la plaque en *e*, pour laiſſer paſſer la clef qui ſert à remonter le mouvement. L'axe de cette même roue annuelle porte deux pivots, dont l'un entre dans un trou fait à la fauſſe plaque, comme on le voit en *H* (*fig.* 1), & l'autre entre dans un trou fait à une plaque portée par la platine de *devant* du mouvement, ce qui forme une cage à la roue annuelle : l'aiguille *a* (*fig.* 1) eſt celle des heures ; elle marque à l'ordinaire ſur le grand cadran.

253. Le bout *b* de l'aiguille *cb* eſt celui qui marque le temps moyen ſur le grand cadran ; le bout oppoſé *c* eſt l'aiguille du temps vrai, laquelle marque ſur le cadran mobile. On voit par cette ſituation du cadran & des aiguilles, qu'il eſt maintenant 2 heures 22 minutes $\frac{1}{2}$ au temps moyen, tandis qu'il eſt deux heures 30 minutes au ſoleil ; le ſoleil avance donc de 7 minutes $\frac{1}{2}$, ce qui forme l'équation du 22 Septembre indiquée par la roue annuelle : l'aiguille *gf* eſt celle des ſecondes.

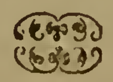
254. Pour avoir la facilité de remettre la Pendule au jour du mois & à l'équation, lorſqu'on l'a laiſſée arrêter, j'ai fait paſſer le pivot du pignon *a* qui conduit la roue annuelle à travers la plaque, & j'ai limé quarrément l'excédent, de maniere à le faire mouvoir avec une clef ; ce quarré ſe voit en *d* (*fig.* 1). Il faut que ce pignon puiſſe tourner ſéparément de la roue *F* (*fig.* 5) ; ce qui eſt facile, comme on le

voit (*fig. 9*), où *ab* repréſente le profil du pignon; & *F*, celui de la roue. La roue s'applique contre l'aſſiette *b* du pignon après laquelle elle eſt retenue par la clavette *c*, dont la preſſion produit un frottement qui aſſemble la roue contre le pignon; de ſorte qu'ils ſe meuvent enſemble, à moins que l'on ne les faſſe tourner ſéparément par l'action de la main, lorſqu'on veut faire mouvoir la roue annuelle en avant ou en arriere.

255. L'équation que nous venons de décrire eſt, ſans contredit, la meilleure que l'on ait imaginée juſqu'à ce jour: auſſi me ſuis-je fort attaché à la diſpoſer de la maniere la plus avantageuſe pour les Pendules & pour les Montres, & d'autant plus qu'elle eſt applicable à toutes ſortes de pieces, comme nous le verrons dans les Chapitres ſuivants.

256. Par rapport à l'invention de cette ſorte d'équation, nous devons obſerver ici, que quoique dans le temps où je diſpoſai la premiere Pendule, je ne connuſſe aucune piece où l'on eût appliqué ce méchaniſme, ni qu'il en eût été fait mention dans aucun ouvrage d'Horlogerie, cependant j'ai vu enſuite que j'étois fort loin d'être le premier qui ſe fût aviſé de ce moyen, puiſque M. le Bon l'annonçoit dès 1717, dans une Gazette, dont l'extrait eſt rapporté à la ſuite du livre d'Horlogerie du Pere Alexandre; mais la conſtruction de la piece, qui m'eſt encore inconnue juſqu'à préſent, devoit être fort compoſée, puiſqu'il faiſoit varier les heures, les minutes & les ſecondes, ce qui exigeoit trois cadrans mobiles & un fixe, des engrenages, &c.

Si je ne puis m'en dire l'Inventeur, on ne pourra me conteſter au moins la diſpoſition ſimple de cette machine, & de l'avoir créée de nouveau.



CHAPITRE XIV.

Description d'une Montre à Equation, à Secondes concentriques, marquant les mois & leurs quantiemes.

257. La figure 4, Planche XI, repréfente le cadran de cette Montre; l'aiguille des fecondes paffe, comme dans les Pendules, au-deffus des autres aiguilles : c'eft une fuite de la difpofition que nous décrirons, deuxieme Partie. L'aiguille des minutes eft en deux parties diamétralement oppofées, dont la plus grande marque les minutes du temps *moyen* fur le grand cadran, & l'autre, où eft gravé un foleil, marque les minutes du temps *vrai* fur le cadran *A* qui eft au centre du premier. L'ouverture *C* faite dans le grand cadran eft pour laiffer paroître les mois de l'année gravés fur la roue annuelle, ainfi que les quantiemes qui le font de cinq en cinq : l'ufage de ces quantiemes eft principalement pour remettre la Montre lorfqu'elle a été arrêtée, en forte que l'équation réponde exactement à celle du jour où l'on eft. Pour cet effet l'étoile *E* (*fig.* 3) a un de fes rayons qui eft toujours faillant en dehors de la fauffe plaque, ce qui donne la liberté de la faire tourner, & par fon moyen la roue annuelle.

258. La Montre fe remonte par deffous; ce qui m'a fait appliquer au fond de la boîte un cercle de quantieme, conftruit comme ceux dont parle M. THIOUT, *Traité d'Horlogerie, Tom. II, p.* 387.

259. La figure 5 repréfente l'intérieur de la fauffe plaque, dont le dehors porte les cadrans (*fig.* 4) : c'eft dans cette plaque que font ajuftées les pieces qui forment l'équation, ou qui donnent les variations du Soleil. *A* eft la roue annuelle de 146 dents, fendue à rochet, mife immédiatement fous le cadran;

elle tourne ſur un canon que porte la fauſſe plaque; la roue annuelle s'appuie ſur le fond de la plaque; l'ellipſe *B* eſt attachée ſur la roue annuelle; elle fait mouvoir le rateau *H F*, qui engrene dans le pignon *C*; celui-ci eſt porté par un canon qui paſſe dans l'intérieur de celui de la fauſſe plaque; ſur le canon, où eſt fixé le pignon *C*, eſt attaché en dehors le cadran *A* du temps vrai. Ainſi on voit qu'en faiſant mouvoir la roue annuelle, ce cadran doit néceſſairement ſe mouvoir, tantôt en avançant, & enſuite en ſe rétrogradant, ſuivant qu'il y eſt obligé par les différens diametres de l'ellipſe; ce qui produit naturellement les variations du Soleil. Voici le moyen dont je me ſers pour faire mouvoir la roue annuelle.

260. Le garde-chaîne de la Montre eſt fixé ſur une tige, dont les pivots ſe meuvent dans les deux platines, & peut y décrire un petit arc de cercle; un de ces pivots porte un quarré ſur lequel eſt ajuſté dans la cadrature le lévier *A C* (*fig.* 3) à pied de biche. On voit dans la figure 6 ce garde-chaîne, qui y eſt gravé en perſpective avec l'étoile & le crochet de la fuſée.

261. Lorſqu'on remonte la Montre, le garde-chaîne *A B C* (*fig.* 6), fixé ſur la tige & mis entre les deux platines, eſt ſoulevé par la chaîne, juſqu'à ce qu'il ſoit à la hauteur du crochet *D* de la fuſée; le crochet lui donne un petit mouvement circulaire qu'il communique au pied de biche *C* (*fig.* 3), dont l'extrémité s'engage dans l'étoile *E* qui eſt à cinq rayons, & fait ainſi paſſer un de ces rayons toutes les fois que le crochet de la fuſée pouſſe le garde-chaîne.

262. L'étoile *E* eſt aſſujettie par un valet ou ſautoir *D*, qui lui fait faire la cinquieme partie d'un tour, & l'empêche de revenir à ſens contraire lorſque le pied de biche ſe dégage; l'axe de cette étoile porte deux palettes oppoſées, comme on le voit (*fig.* 6): ces palettes ſervent à conduire la roue annuelle, en ſorte que deux dents de cette roue paſſent néceſſairement en cinq jours; ce qui lui fait faire ſa révolution en 365 jours.

Sur la fauſſe plaque (*fig.* 5) eſt attaché un reſſort *K L*, qui ſert de ſautoir pour maintenir la roue annuelle; en ſorte que les palettes que porte l'étoile ne puiſſent lui faire paſſer ni plus

ni moins de deux dents pendant une des révolutions de cette étoile.

263. On peut faire mouvoir la roue annuelle d'un mouvement continu, en supprimant ce garde-chaîne mobile, & en faisant de l'étoile une roue qui engrene avec une roue du mouvement qui lui fasse faire un tour en cinq jours.

264. Le ressort *G* (*fig.* 5) sert à presser continuellement le rateau *H* contre l'ellipse. Pour cet effet le bout *F* de ce rateau porte une cheville qui appuie sur le bord de l'ellipse; ainsi le rateau avance & rétrograde selon que l'ellipse l'y oblige, & celui-ci fait avancer ou rétrograder le pignon *C* & le cadran *A* (*fig.* 4). Or comme l'aiguille *S* du temps vrai se meut d'un mouvement uniforme, les variations du cadran exprimeront celles du Soleil. L'aiguille *S* marquera donc les variations du Soleil, tandis que le bout opposé indiquera les minutes du temps moyen: le ressort *B* (*fig.* 3) sert à remener le pied de biche *AC*, à mesure que le crochet de la fusée rétrograde.

CHAPITRE XV.

Description d'une Pendule à Equation, à deux Aiguilles de Minutes concentriques, laquelle marque les mois de l'année, les quantiemes du mois & les années Bissextiles.

(PLANCHE XIV, *Fig.* 1).

265. LA roue de barillet de sonnerie engrene dans un pignon qui fait un tour en 24 heures; la tige de ce pignon passe à la cadrature ([a]), & porte quarrément une assiette sur laquelle est rivée la piece *ab;* sur le prolongement de cette tige est mise la piece *s*, *o*, *n* qui porte une dent partagée en deux parties,

[a] Nous n'avons marqué ici que les figures relatives à l'équation.

dont l'une eſt plus ſaillante que l'autre ; ce cylindre ou piece *s, o* peut monter & deſcendre ſur cette tige : le pignon, ſa tige & les pieces qu'elle porte ſont vues de profil (*fig.* 2).

266. La partie *s* de la piece *s, o, n* eſt percée d'un trou dans lequel entre une broche qui tient à la piece *a b* ; ainſi lorſque celle-ci tourne, elle entraine avec elle la piece *s o n*. Or la partie *a*, ou dent qu'elle porte, s'engage dans les dents de la roue annuelle *A* : cette roue porte 366 dents ; elle eſt arrêtée par un ſautoir *l* ; ainſi à chaque tour de la piece *a b*, la dent la moins ſaillante *n* (*fig.* 2) fait avancer une dent de la roue *A*, & lui fait faire un tour en 366 jours, ce qui fait naturellement l'année biſſextile.

267. Dans les années de 365 jours, la partie la moins ſaillante de la dent fait paſſer 364 dents de la roue annuelle, & les deux dents de cette roue qui reſtent encore à paſſer pour achever les révolutions, ſont priſes en un ſeul tour de la piece *a b* par la partie la plus ſaillante de la dent ; en ſorte que les 366 dents de la roue annuelle ſont priſes en 365 fois, qui répondent à autant de jours. Il reſte à voir comment la piece *s, o, n* s'éleve pour préſenter à la roue annuelle, trois fois en quatre ans, la partie la plus large de ſa dent.

268. L'étoile *E* diviſée en huit rayons, eſt mue par des chevilles que porte la roue annuelle : une de ces chevilles fait avancer une dent de l'étoile le 31 Décembre à minuit, & une autre cheville fait avancer une dent de l'étoile le 29 Février à minuit ; ainſi cette étoile fait une révolution en quatre ans. Cette étoile porte les trois plans inclinés *c, f, g* ; chacun de ces plans agit alternativement dans la rainure *t* faite à la piece *s, o, n*, vue de profil (*fig.* 2) ; & ils ſervent à éloigner de la piece *a b*, trois fois en quatre ans, la piece *s, o, n*, & l'obligent à préſenter la partie de la dent qui eſt la plus ſaillante, ce qui fait paſſer deux dents de la roue annuelle.

269. Le reſſort *m* ſert à faire deſcendre cette piece *s, o, n*, auſſi-tôt que le plan incliné lui en donne la liberté, ce qui ſe fait à l'inſtant que la palette fait paſſer la dent de la roue annuelle qui répond au premier Mars. La dent de l'étoile parvenue

à

à l'angle du fautoir *E*, eft obligée de parcourir un efpace qui éloigne en même temps le plan incliné *g* de la piece *so* : ainfi celle-ci redefcend, y étant obligée par le reffort *m.*

270. L'Etoile *E* porte une plaque qui paffe entre la roue annuelle & le cadran ; fur cette plaque font gravées les années communes qui font de 365 jours, & les années biffextiles ; c'eft-à-dire, que l'on voit paroître alternativement, à travers une ouverture du cadran, des chiffres qui marquent *premiere année* après la biffextile, *deuxieme année*, *troifieme année*, & enfuite *année biffextile.* Dans la figure on a ôté cette plaque qui empêcheroit de voir l'étoile & le fautoir.

271. La roue *B* eft celle du temps moyen portée à l'ordinaire par une tige du mouvement ; elle engrene dans la roue de renvoi, dont le pignon engrene dans la roue de cadran : ces deux roues ne font pas ici repréfentées, pour ne mettre que ce qui eft différent d'une Pendule ordinaire. Sur la roue *B* eft attachée une piece *CD* de cuivre, laquelle porte un petit pont *G*, qui fait avec la piece *CD* une efpece de cage pour l'étoile *I* de vingt rayons. Cette étoile porte un pignon à lanterne qui a quatre dents, & il engrene dans la roue *H* du temps vrai. La roue du temps moyen entraîne donc par fon mouvement la petite cage qu'elle porte, ainfi que l'étoile ; par conféquent la roue du temps vrai fait une révolution en même temps que celle du temps moyen.

272. Mais fi on fait tourner l'étoile en avant ou en rétrogradant, fon pignon obligera la roue du temps vrai d'avancer ou de rétrograder fans changer le mouvement de la roue du temps moyen. C'eft en faifant tourner l'étoile d'un côté ou de l'autre que l'on produit la variation de la roue du temps vrai, & par conféquent de fon aiguille : c'eft à cet ufage qu'eft deftiné le levier *LM*, dont le centre de mouvement eft au point *M*. La partie *L* de ce levier porte deux chevilles, lefquelles fe préfentent alternativement au paffage de l'étoile, felon l'équation du jour. Lorfqu'il faut faire rétrograder l'aiguille du temps vrai, la cheville fupérieure 1 fe préfente de maniere que l'étoile entraînée par le mouvement de la roue

I. Partie. L

du temps moyen, vient engager un des rayons dans la cheville; & celle-ci restant immobile oblige l'étoile de tourner, & cela plus ou moins, selon qu'elle s'engrene plus loin ou plus près du centre de l'étoile. Si au contraire il faut faire avancer l'aiguille du temps vrai, la dent inférieure 2 se présente pour que l'étoile vienne engager une de ces dents.

273. Le levier *L* porte encore en *N* un bras *N* terminé par un plan incliné qui appuie continuellement sur la courbe *O O* formée par des pas de limaçon; ce sont ces différents pas qui déterminent le nombre de dents qu'une des chevilles doit faire passer à l'étoile pour faire varier l'aiguille du temps vrai. Chaque pas de la courbe sert pendant que l'équation change de la même quantité, puisque ces pas sont formés par des portions de cercle concentriques à la roue annuelle, sur laquelle la courbe est fixée : les dents de l'étoile ne doivent s'engager dans une des chevilles de levier *L* qu'une fois en 24 heures; il faut donc écarter pendant 23 heures le levier du passage de l'étoile. Pour cet effet le levier peut monter & descendre selon la longueur de ses pivots : l'assiette de ce levier, pose sur la plaque *a b*, laquelle éleve tellement ce levier que par le mouvement de la roue du temps moyen qui entraîne avec elle l'étoile, les rayons de celle-ci passent sous l'une ou l'autre cheville 1, 2 du levier sans y toucher, & cela pendant tout le temps que l'assiette du levier appuie sur la plaque *a b*; mais comme celle-ci fait une révolution en 24 heures, dès que l'entaille *p* qu'elle porte se présente, l'assiette y descend par la pression du ressort *r*; alors le levier présente l'une ou l'autre de ses chevilles; & l'étoile emportée par la roue du temps moyen, vient s'y engager, comme nous l'avons dit. Cette entaille doit ainsi se présenter à onze heures du soir, pendant que la pendule sonne onze heures; & lorsque minuit sonne, la plaque *a b* continuant à tourner, le plan incliné qui termine un côté de l'entaille, doit élever l'assiette & mettre les chevilles du levier hors de prise, pour qu'elles ne puissent plus agir sur l'étoile pendant 23 heures.

La piece *P* portée par la roue du temps moyen sert à

mettre en équilibre la petite cage & l'aiguille du temps moyen : l'aiguille du temps vrai doit être mise d'équilibre par elle-même.

274. Outre les mois & les quantiemes du mois qui doivent être gravés sur la roue annuelle, il faut y faire graver la différence du temps vrai au temps moyen, afin que si l'on laisse arrêter la Pendule, on remette les aiguilles à l'équation sans le secours d'une table.

275. Le méchanisme de cette *Equation* peut paroître séduisant ; mais il est bon d'avertir qu'elle est d'une difficile exécution, ce qui est un grand défaut dans une machine ; elle exige sur-tout que les dimensions de chaque partie soient bien déterminées. J'ai cependant exécuté plusieurs Pendules de cette espece qui vont fort bien ; mais ce n'est qu'en y apportant certains soins qui ne sont pas faciles à prévoir, à moins que ce méchanisme ne soit parfaitement bien conçu & exécuté : on peut placer cette machine dans la classe de celles que je critique, *Chap. XXXIV, sur la maniere de juger des nouvelles productions en horlogerie.* Au reste, puisque j'ai donné la description de cette équation, j'indiquerai une partie de ces attentions pour ceux qui seroient curieux d'en faire usage.

276. La roue du temps vrai doit être fendue sur les nombres 144 ; car alors chaque fois que l'on fera avancer ou reculer un rayon de l'étoile, l'aiguille du temps vrai avancera ou retardera de cinq secondes : comme c'est particuliérement la courbe qui devient difficile à tailler, & que d'ailleurs la méthode en est différente de celles qu'on employe pour les autres courbes, nous nous arrêterons à la maniere de la tracer.

277. On ajustera quelque part sous le levier *N*, une piece par laquelle on puisse fixer à volonté le levier en différents points, au moyen d'une vis de pression : on arrêtera d'abord ce levier, de sorte que ni l'une ni l'autre cheville de la piece *L* ne puissent s'engager dans le rayon de l'étoile. Pour cet effet, il faut que les chevilles 1, 2 soient distantes entr'elles d'un peu plus d'un diametre de l'étoile, afin que lorsque l'équation ne change pas d'un jour à l'autre, les chevilles ne s'engagent

ni d'un côté ni de l'autre, quoique le levier ſoit deſcendu dans l'entaille, comme nous le ſuppoſons pour le préſent; après avoir rendu le levier immobile à ce point, on tracera ſur la piece ſuppoſée un trait ſur lequel on écrira un zéro; ce trait ſervira à marquer ſur la courbe tous les points où il n'y aura pas de changement d'un jour à l'autre dans l'équation du temps.

278. On avancera enſuite le levier de maniere qu'en faiſant tourner la roue du temps moyen, la cheville ſupérieure 1 s'engage dans l'étoile, pour faire tourner une dent : on marquera 1 ſur ce trait, & continuant les mêmes opérations, on marquera ſucceſſivement 1, 2, 3, 4, &c. juſqu'à ce que le levier s'engage aſſez avant dans l'étoile pour faire changer ſix dents, leſquelles feront un retard de trente ſecondes, qui eſt le nombre qui marque le plus grand retard d'un jour à l'autre : on marquera de ce côté *Retarde*, afin de ſe ſouvenir qu'en engageant la cheville de ce côté on fait retarder l'aiguille; on fera enſuite paſſer le levier de l'autre côté du trait zéro, & on marquera par 1 le trait qu'on tracera, lorſque la cheville inférieure 2 ſe ſera engagée d'une dent; par 2, un ſecond trait pour deux dents; & ainſi de ſuite juſqu'à quatre, nombre qui répond à 20 ſecondes, qui eſt la plus grande quantité dont le temps vrai puiſſe avancer en un jour ſur le temps moyen : on marquera *Avance* de ce côté. Au moyen de ces traits on graduera facilement l'ellipſe, il ne faut plus que trouver combien de temps le levier doit être appuyé ſur le même pas. C'eſt à cet uſage qu'eſt deſtinée la table ſuivante que j'ai dreſſée pour tailler cette courbe.

Soleil retarde. { 279. Du 12 Mai, le levier ſera ſur zéro juſqu'au 18 dudit mois; du 19, une dent du côté *retarde* juſqu'au 30; du 31 Mai, deux dents juſqu'au 11 Juin; du 12 dudit mois, 3 dents juſqu'au 18; du 19, deux dents juſqu'au 23; du 24, trois dents juſqu'au 28; du 29, deux dents juſqu'au 12 Juillet; du 13 dudit mois, une dent juſqu'au 22; du 23, 0 juſqu'au 30.

Soleil avance. Du 31 Juillet, une dent du côté *avance* jufqu'au 7 Août; du 8 dudit mois, deux dents jufqu'au 17; du 18, trois dents jufqu'au 28; du 29 Août, quatre dents jufqu'au 4 Octobre; du 5, trois dents jufqu'au 15; du 16, deux dents jufqu'au 23; du 24, une dent jufqu'au 30; du 31 Octobre, 0 jufqu'au 5 Novembre.

Soleil retarde. Du 6 Novembre, une dent du côté *retarde* jufqu'au 11; du 12, deux dents jufqu'au 17; du 18, trois dents jufqu'au 22; du 23, quatre dents jufqu'au 30; du premier Décembre, cinq dents jufqu'au 11; du 12, fix dents jufqu'au 3 Janvier; du 4 dudit mois, cinq dents jufqu'au 12; du 13, quatre dents jufqu'au 21; du 22, trois dents jufqu'au 27; du 28, deux dents jufqu'au premier Février; du 2, une dent jufqu'au 8; du 9, 0 jufqu'au 14 Février.

Soleil avance. Du 15 Février une dent du côté *avance* jufqu'au 21; du 22, deux dents jufqu'au premier Mars; du 2, trois dents jufqu'au 16; du 17, quatre dents jufqu'au 27; du 28, trois dents jufqu'au premier Avril; du 2, quatre dents jufqu'au 8; du 9, trois dents jufqu'au 22; du 23, deux dents jufqu'au 29; du 30, une dent jufqu'au 11 Mai; du 12, 0 jufqu'au 18.

280. Au moyen de cette table & des traits que l'on a tracés (n°s 277 & 278), on taillera facilement la courbe de cette maniere. On mettra la roue annuelle fur le 12 Mai, & l'on placera le levier *N* fur la divifion 0 : on percera en *v* au levier *N* un petit trou, à travers lequel on marquera avec un *foret* un point fur la plaque *O* qui doit fervir à former la courbe : on fera enfuite avancer la roue annuelle jufqu'au 18 Mai : on marquera un fecond point fans changer le levier : on fera avancer la roue annuelle d'un jour, ce qui donnera le 19 Mai. Or la table marque qu'il faut que la cheville s'engage d'une dent du côté *retarde*; on conduira donc le lévier fur le trait 1 du côté marqué *retarde*; on marquera un point fur la plaque *O* : on fera avancer la roue annuelle au 30 Mai; on marquera un point fans changer la pofition du levier : on fera toujours de même en fuivant la table, jufqu'à ce que la révolution annuelle

ſoit achevée : on percera des trous par tous les points que l'on aura marqués ſur la plaque, on tirera enſuite du centre de la roue annuelle des rayons par le bord de chaque trou ; & avec un compas, on tracera de chaque trou qui ſe trouve ſur le même cercle avec le trou prochain des portions de cercles *q*, *r*, *s*, *t*, &c, qui formeront la courbe *OO* ; on limera cette plaque ſelon les traits que l'on aura marqués ; & pour vérifier chaque degré, on verra ſi les traits (faits à la piece de comparaiſon ſelon les n°s 277 & 278) ſont juſtes avec le bord du levier ; ſi cela n'eſt pas, on limera les pas qui ne ſont pas aſſez enfoncés.

Cette Pendule eſt de mon invention : je la préſentai à l'Académie Royale des Sciences en 1752.

CHAPITRE XVI.

Deſcription d'une Equation à deux Aiguilles & deux Cadrans.

(PLANCHE XIV, *Figure* 3.)

281. LE pignon *A* eſt une eſpece de *chauſſée* (130) qui entre à frottement ſur la tige d'une roue du mouvement qui fait un tour par heure : cette chauſſée porte l'aiguille *g* du temps moyen. Le pignon *A* engrene dans la roue *B*, qui tourne dans une eſpece de cage formée par la plaque *D C* & par le pont *d*; la roue *B* engrene dans un pignon *f*, qui a le même nombre de dents que le pignon *A*, il fait donc auſſi un tour par heure. Ce pignon *f* tourne dans une eſpece de cage formée par la plaque *D C*, & par le pont *G H* ; le pivot de ce pignon roule dans un trou fait à la plaque *C D* ; & l'autre roule dans l'intérieur d'un canon qui porte la roue *I*; le canon de la roue *I* entre & roule dans le trou du canon porté par le pont *G H*; le bout ſaillant du canon de la roue *I* porte l'aiguille des heures, & le bout de la tige du pignon *f* porte l'aiguille

des minutes du temps vrai. La roue *B* porte le pignon *a*, lequel engrene dans la roue *I*, & lui fait faire un tour en douze heures ; la plaque ou piece *DC* pofe fur la platine de la Pendule repréfentée par la plaque *LMN*. Cette plaque *CD* peut fe mouvoir autour du centre *f* du pignon ; pour cet effet, elle porte une *têtine* ou efpece de pivot concentrique vers *f*, lequel entre dans la platine ; cette piece *CD* ne peut s'écarter de la platine, étant retenue par la vis *e* ; elle ne peut que décrire une portion de cercle *bc* autour du centre *f* ; le bras *O* que porte la piece *CD*, eft fait pour appuyer fur la courbe *P*, dont la révolution fe fait en un an ; lors donc que cette courbe tourne, elle oblige le bras *O* de monter & defcendre ; or la roue *B* doit décrire un arc de cercle autour du centre *f* ; c'eft ce mouvement qui produit la variation que doit faire l'aiguille *A* du temps vrai ; cet effet fe produit de la maniere fuivante.

282. Lorfque la courbe éleve le bras *O* & par conféquent la roue *B*, le pignon *A* dans lequel elle engrene étant immobile, la roue eft dans ce cas obligée de décrire un arc de cercle en *mn*. Ce mouvement de la roue tend néceffairement à faire tourner le pignon *f*, & par conféquent l'aiguille du temps vrai, tandis que celle du temps moyen refte immobile. Or, felon que l'on fait monter ou defcendre le bras *O*, l'aiguille du temps vrai avance ou retarde ; ainfi ce font les enfoncements de l'ellipfe qui déterminent le mouvement de l'aiguille, & ces enfoncements font eux-mêmes limités par la variation du foleil donnée par la table d'équation.

283. Cette cadrature, toute fimple & ingénieufe qu'elle eft, a un affez grand défaut ; car, 1°. les aiguilles du temps vrai & du temps moyen marquent fur deux cadrans, ce qui devient incommode pour avoir l'équation. Le fecond défaut, eft le jeu d'engrenage de la roue *B* avec les pignons ; & ce jeu eft d'autant plus grand que, lorfque la roue monte & defcend, fon engrenage avec chaque pignon en devient plus foible, & par conféquent le jeu de l'aiguille eft encore plus grand. M. Rivas, qui a imaginé cette équation, a bien prévu cet inconvénient ; car j'ai vu une de fes cadratures où le pignon *A* fe rap-

prochoit de la roue à mesure qu'elle tendoit à s'en écarter ; mais malgré cela il ne laisse pas d'y avoir plusieurs minutes d'écarts.

284. Au reste, le meilleur moyen de corriger cet obstacle est d'adapter sur le pignon du temps vrai des pas en spirale, sur lesquels on fera appuyer un petit levier qui retiendra continuellement l'aiguille du même côté ; ce qui ôtera le jeu des engrenages, & par ce moyen on aura l'équation avec assez de précision.

Lorsque ces pieces sont à sonnerie, la détente tient lieu du levier.

CHAPITRE XVII.

Description d'une Cadrature d'Equation qui ne marque que le Temps vrai.

285. La Planche XIV. fig. 4 représente le plan de cette cadrature. *A* est l'ellipse fixée sur la roue *B*, qui est conduite par un pignon du mouvement. Cette roue reste un an à faire sa révolution. La partie *C* du levier *CDE* appuie sur la courbe : ce levier a son centre de mouvement au point *E*.

286. La roue *F* est fixée sur la tige d'une roue du mouvement, dont le pivot supérieur entre dans le trou fait au pont *G* ; elle engrene dans le pignon *H*, dont le pivot inférieur roule dans le trou fait à la plaque *IL* ; & le pivot supérieur, qui est la tige même, roule dans l'intérieur du canon de la roue *M*, lequel roule dans le canon du pont *NN*, & celui-ci tient à la plaque *IL* : ainsi le pignon *H* & la roue *M* tournent entre le pont *N* & la plaque *CD*, comme dans une cage.

287. Le pignon *H* engrene dans la roue *O* portée par une broche attachée à la plaque *IL* ; la roue *O* porte le pignon *p*, qui engrene dans la roue *M* ; le canon de cette roue porte

porte l'aiguille des heures, & la tige du pignon *H* porte l'aiguille des minutes.

288. La plaque *IL* pose sur la platine *QR* : cette plaque *IL* peut monter & descendre, en parcourant, autour du centre de la roue *F*, la portion de cercle *a b*. En faisant monter cet assemblage *INL* & la roue *F* restant immobile, le pignon *H*, qui engrene dans cette roue, sera obligé de tourner selon que l'on fera monter ou descendre cette cage; ainsi l'aiguille des minutes avancera ou rétrogradera, selon que l'on fera monter ou descendre le levier *CDE*. Le mouvement de cette cage pour monter & descendre, est déterminé par l'ellipse *A*, sur laquelle appuie le bout *C* du levier *CE*, & dont la partie *D* communique avec la cage *NN*; lors donc que l'on fait tourner l'ellipse, elle fait monter & descendre le levier, & par conséquent la cage; ainsi tandis que la roue *F* se meut d'un mouvement uniforme, le pignon *H*, dans lequel elle engrene, marche d'un mouvement variable.

289. Le cadran est porté par le canon du pont *NN*, en sorte qu'il monte & descend comme le pont; de cette maniere les aiguilles sont toujours concentriques au cadran: le poids du cadran est plus que suffisant pour faire appuyer continuellement le levier *CD* sur la courbe; mais il ne l'est cependant pas au point de faire obstacle au mouvement de la roue annuelle sur laquelle l'ellipse est fixée. La construction de cette équation est de M. de Rivas.

Des Pendules qui marquent les heures, les minutes & les secondes du temps vrai seulement, par les vibrations inégales d'un Pendule qui s'allonge & se racourcit, inventées par le Pere Alexandre.

290. La roue annuelle fait sa révolution en 365 jours 5 heures 48 minutes 58 secondes $\frac{38}{49}$.

291. Voici les nombres de dents des roues que le Pere Alexandre a employés pour cette révolution.

292. La roue de cadran, ou dont la révolution eſt de 12 heures, porte un pignon de 7, lequel engrene & mene une roue de 50 ; celle-ci porte un pignon de 7 qui engrene dans une roue de 69 dents ; celle-ci porte un pignon de 8 dents, lequel engrene dans une roue qui en a 83 : celle-ci eſt la roue annuelle. Cette révolution aſtronomique eſt fort exacte : nous renvoyons au Traité du Pere Alexandre pour le calcul dont il s'eſt ſervi pour les révolutions des Planetes. M. Camus a auſſi traité de la méthode à ſuivre pour ces ſortes de calculs, dans ſon excellent Cours de Mathématiques, troiſieme Partie.

293. La roue annuelle du Pere Alexandre porte une ellipſe ſur laquelle appuie un levier, auquel eſt attaché le reſſort qui ſuſpend le Pendule ; ce reſſort paſſe fort juſte dans une fente du coq fait comme ceux des Pendules à ſecondes ordinaires : ce reſſort peut monter & deſcendre dans cette fente. Le point inférieur du coq par où paſſe le reſſort, détermine le centre du mouvement du Pendule. Lors donc que l'ellipſe ſe meut, le levier qui appuie deſſus fait monter & deſcendre le Pendule, ce qui rend les oſcillations plus promptes ou plus lentes. Nous renvoyons au Traité du Pere Alexandre pour la diſpoſition de cette Pendule, & pour le calcul qu'il a fait pour tailler ſa courbe ; & quoique cette machine ſoit ingénieuſe dans la théorie, nous la croyons des plus défectueuſes dans la pratique.

294. Car, 1°, tout ce calcul n'eſt fondé que ſur ce principe, que les quarrés des nombres de vibrations, en temps égaux, ſont réciproquement comme les longueurs des Pendules, principe très-vrai dans le Pendule ſimple ; mais ces oſcillations du Pendule *compoſé* appliqué à l'horloge, ne ſont plus les mêmes que dans le Pendule ſimple : ainſi quoique l'on ait taillé la courbe d'après ce calcul, il arrivera que le Pendule ne variera pas exactement des quantités requiſes ([a]).

[a] Il y a, à la vérité, un remede à cet inconvénient, c'eſt de déterminer par obſervation de combien un Pendule *compoſé* donné, avance ou retarde par jour, pour un accroiſſement ou allongement donné ; mais cet obſtacle levé, il en reſte de plus eſſentiels.

295. 2°. La plus petite erreur d'exécution de la courbe changera la durée de toutes les oscillations que fait le Pendule en 24 heures : cette erreur étant répétée 86400 fois par jour produira des différences sensibles.

296. 3°. Il n'y a aucune méthode, autre que l'expérience, par laquelle on puisse vérifier la courbe : ainsi pour juger si une telle ellipse est bien taillée, il faudroit attendre une année.

297. 4°. En supposant même qu'on voulût vérifier par l'expérience les inégalités de la courbe, on ne pourroit jamais distinguer positivement les écarts produits par la courbe ; car on pourroit les confondre avec les variations de l'Horloge, causées par l'action du chaud & du froid sur le Pendule, &c.

298. 5°. On ne peut employer un tel méchanisme que pour les Pendules suspendus par des ressorts. Or le ressort de suspension étant arrêté en des points différents par le coq, pour peu que ce ressort soit inégal, cela changera le point de suspension qu'il ne faut pas toujours croire se faire immédiatement à l'endroit où le coq le pince, mais un peu plus bas ; & ce point change selon les différentes roideurs du ressort.

299. Enfin, le levier qui appuie sur la courbe devant porter, selon cette méthode, tout le poids de la lentille, il sera sujet à fléchir, & diversement selon sa position. La construction de M. Rivas est, sans contredit, très-préférable à ce moyen, pour les Pendules qu'on veut qui ne marquent que le temps vrai : elles sont d'ailleurs d'une exécution plus facile ; car la longueur du Pendule reste constamment la même, au lieu que dans celle du Pere Alexandre, le Pendule change tous les jours de longueur, en sorte que c'est comme si on régloit l'Horloge 365 fois par an.



CHAPITRE XVIII.

Description d'une Montre à Équation, à Répétition, à Secondes concentriques, d'un seul battement.

300. CETTE Montre marche huit jours sans remonter : elle marque les mois de l'année & les quantiemes du mois. Nous expliquerons ici la différence de construction de ses parties lorsque ces Montres vont huit jours, trente heures ou un mois.

301. Quoique le méchanisme d'équation que nous avons décrit, *Chap. XIV*, soit le même, quant au principe, que celui dont nous allons parler ; comme il est ici appliqué à des machines beaucoup plus composées, & que d'ailleurs les ajustements en sont absolument différents, beaucoup meilleurs, & que nous n'étions entré ci-devant dans aucun de ces détails, nous croyons faire plaisir à quelques personnes, en leur donnant ici la description & le plan d'une machine assez intéressante, qui réunissant différents effets, est tellement composée, que chacun est aussi solide qu'il le seroit s'il étoit mis à part dans une piece.

302. La premiere figure Planche XIII, représente la disposition des parties de la répétition : elle est dessinée fort exactement d'après une piece totalement exécutée selon les mêmes dimensions.

303. Les pieces qui concernent la répétition produisent les mêmes effets que dans les répétitions ordinaires que nous avons décrites *Ch. X.* Nous nous dispenserons donc d'entrer là-dessus dans un nouveau détail, la figure servira à en montrer la distribution.

304. La seconde figure représente le plan ou *calibre* du rouage ; *A* est le barillet ; *B*, la fusée dont la roue de 54 dents

engrene dans un pignon de 12 qui porte la grande roue moyenne *C* de 64 dents, laquelle engrene dans un pignon de 8, qui porte la petite roue moyenne *D* de 64 dents, laquelle engrene dans un pignon de 8, qui porte la roue de champ *E* de 60 dents, engrenée dans un pignon de 8, qui porte la roue d'échappement *F* de 30 dents : or le balancier faiſant un battement par ſecondes, la roue d'échappement reſte une minute à faire un tour ; & comme elle fait ſept tours ½ pour un de la roue de champ, celle-ci reſte ſept minutes ½ à faire une révolution. Le pignon qui porte cette roue eſt prolongé & paſſe à la cadrature ; il engrene & mene la roue *I* (*fig.* 1) qui a 64 dents : le pignon de la roue de champ fait donc huit tours pour un de la roue *I* : or il employe 7 minutes ½ à faire un tour ; donc la roue *I* employe 8 fois 7 minutes ½ à faire ſa révolution ; c'eſt-à-dire, 60 minutes ou une heure : c'eſt donc le canon de cette roue *I* qui porte l'aiguille des minutes. Voyez plus au long la diſpoſition des minutes & des ſecondes concentriques dans la ſeconde Partie, *Chap. XXXVI.* Cette diſpoſition eſt ſemblable à celle de la Pendule à ſecondes, que nous avons décrite *Chap. III.*

305. Les petites roues *a*, *b*, *c*, *d*, *e* repréſentent celles du rouage de répétition.

306. En calculant les révolutions du rouage de la montre, on trouve que la roue d'échappement fait 2160 tours (*Voyez ſeconde Partie, Chap. VI & VII*) pour un de la fuſée, lequel dure par conſéquent 2160 minutes ou 36 heures. C'eſt cette même roue qui fait mouvoir la roue annuelle, & qui lui fait faire une révolution en 365 jours, ainſi que nous allons le faire voir.

307. La fuſée repréſentée (*fig.* 16) porte le pivot 1, lequel entre dans un canon d'acier fixé ſur la roue de fuſée *B* vue de profil ; c'eſt ce canon qui forme le pivot inférieur de la fuſée, & qui roule dans le trou de la platine : ſur le bout prolongé 2 de ce canon, entre à frottement la petite roue ou pignon *a* ; ce pignon eſt vu en plan (*fig.* 1) ; il a 12 dents & engrene dans la roue *b*, qui en a 16 ; celle-ci porte un pignon

de 6, qui engrene dans la roue *C*, qui en a 30; celle-ci tient à frottement avec le rochet fixé ſur l'axe d'un pignon de 4 dents, lequel engrene dans la roue annuelle *C* (*fig.* 3): celle-ci a 146 dents.

308. Nous avons dit (306), que la roue de fuſée fait une révolution en 36 heures; le pignon *a* qu'elle porte, fait donc auſſi un tour en même temps. La roue *b*, qui le mene, ayant 16 dents, reſte 48 heures à faire une révolution; & comme elle porte un pignon de 6, qui engrene dans la roue *C* de 30, elle fait cinq tours pour un de la roue *C*; celle-ci reſte donc dix jours à faire une révolution: enfin tandis que la roue annuelle *A* fait une révolution, le pignon 4 en fait 36 $\frac{1}{2}$, puiſque 4 dents du pignon ſont contenues 36 fois $\frac{1}{2}$ dans 146 dents de la roue: or multipliant 36 $\frac{1}{2}$ par 10 jours, on a 365 jours, qui eſt le temps de la révolution de la roue *A*.

309. La petite roue *b* ſe meut entre la platine & un petit pont.

310. Le pivot inférieur de la roue *C* roule dans un trou de la platine, & le pivot ſupérieur entre dans un trou de la *bâtte* ou fauſſe plaque (*fig.* 4), laquelle étant appliquée ſur la premiere figure, recouvre toute la cadrature, & ſe fixe avec la platine par un petit drageoir qui la centre, & par deux vis qui entrent dans les tenons *e*, *f*; de cette maniere la roue *C* ſe meut entre la platine & la bâtte, comme dans une cage; & pour lors le pignon 4 engrene dans la roue annuelle, & lui fait faire une révolution en 365 jours d'un mouvement uniforme.

311. La roue annuelle vue (*fig.* 6), ſe meut ſur le centre ou canon porté par la bâtte vue en perſpective (*fig.* 4); elle y porte à plat, de ſorte qu'elle ne peut s'en écarter; elle eſt retenue après la bâtte par le canon d'acier (*fig.* 9). L'intérieur de ce canon entre à frottement ſur le côté extérieur du canon formé par la bâtte; le côté extérieur du canon d'acier entre juſte dans le trou de la roue annuelle; le canon d'acier appuie par ce moyen ſur la roue, en ſorte que celle-ci ne peut s'écarter en aucune maniere du fond de la bâtte, ne pouvant que tourner autour de ſon centre.

312. Sur la roue annuelle eſt fixée, par deux petites chevilles, l'ellipſe (*fig.* 8) vue par le deſſous, & appliquée (*fig.* 3) à la roue annuelle.

313. Le pignon ou chauſſée *A* (*fig.* 14) eſt d'acier & percé dans ſon centre : le côté extérieur roule juſte dans le trou du canon de la bâtte (*fig.* 4); le trou intérieur de ce pignon eſt de grandeur pour y laiſſer paſſer librement le canon de la roue de cadran & de l'aiguille des heures. Ce pignon ou chauſſée a une petite *portée* qui forme un ſecond canon, ſur lequel entre à frottement la plaque *F*, & tellement qu'elle entre au fond de la portée, dont la hauteur eſt déterminée par la longueur du canon de la bâtte : le pignon roule de cette maniere librement & juſte dans ce canon, duquel il ne peut s'écarter, étant retenu par la plaque *F*, qui l'arrête par le deſſus de la bâtte. Cette plaque ſert en même temps à porter le petit cadran (*fig.* 10), qui eſt celui du temps vrai : il eſt fixé après la plaque par le canon de la plaque *F*, vu en perſpective; il entre dans le trou du petit cadran, ce qui le centre; une vis ſert à le fixer après la plaque : le roulement du pignon ſur ſon canon entraîne donc le petit cadran.

314. Le petit cadran tourne fort juſte dans le vuide du grand cadran (*fig.* 7), & paſſe même un peu deſſous pour ne pas laiſſer de jour, & qu'on ne voie que l'émail. Le grand cadran porte trois pieds qui entrent dans les trous de la bâtte, vue par deſſus (*fig.* 5) : il ſe fixe avec elle par une petite vis.

315. Nous avons déja expliqué, en parlant de la Pendule à équation (238), comment l'aiguille des minutes portant une aiguille oppoſée qui marque ſur le petit cadran du temps vrai, ſert à indiquer une heure différente, ſelon que l'on fait avancer ou rétrograder ce petit cadran, & que par ce moyen l'aiguille tournant d'un mouvement uniforme, indique un temps variable comme celui du Soleil. C'eſt à cet uſage qu'eſt deſtinée l'ellipſe *DE* (*fig.* 3), ce qui ſe fait au moyen du rateau *B*, qui engrene dans le pignon ou chauſſée *A* qui porte le petit cadran. Ce rateau porte en *B* une piece d'acier qui forme une petite poulie, dont le fond appuie ſur le bord de

l'ellipſe : la figure 11 repréſente le profil du rateau, dont *a* eſt la petite poulie.

316. L'ellipſe eſt limée par deſſous en biſeau, comme on le voit dans la (*fig.* 8), en ſorte que la petite épaiſſeur de la poulie s'y loge, & que le rateau ſe meut comme ſur une rainure avec l'ellipſe, dont il ne peut pas s'écarter : or la roue annuelle emportant par ſon mouvement l'ellipſe, celle-ci oblige le rateau, preſſé par le reſſort *F*, de s'approcher ou de s'écarter, ſelon que ſa courbure l'y oblige ; en ſorte qu'il arrive que tandis que la roue annuelle marche conſtamment du même côté, le rateau va & vient ſur lui-même, & fait alternativement avancer & rétrograder le pignon, & par conſéquent le petit cadran. Nous expliquerons ci-après comment on taille l'ellipſe, pour que la variation du petit cadran réponde parfaitement à celle du Soleil, & que l'aiguille du temps vrai l'indique.

317. Sur la roue annuelle (*fig.* 6) ſont gravés les mois de l'année ; & les quantiemes du mois de cinq jours en cinq jours. Les mois paroiſſent à travers l'ouverture faite à la bâtte, comme on le voit (*fig.* 5), ainſi qu'au grand cadran : la bâtte porte une petite pointe ou index, qui marque les mois qui paſſent par cette ouverture, & les jours de cinq en cinq. Cette gravure & l'ouverture qui la laiſſe voir, eſt ſur-tout utile pour tailler l'ellipſe ; mais elle eſt encore très-néceſſaire pour remettre la Montre à l'équation dans le cas où elle auroit reſté quelque temps ſans être remontée. Sans cette précaution, il arriveroit que l'ellipſe reſteroit en arriere, & marqueroit l'équation du jour où la Montre auroit été arrêtée ; & que pour la remettre au point qui doit correſpondre au jour actuel, on ne pourroit le faire qu'en tâtonnant ; c'eſt donc autant pour cette raiſon, que pour faire marquer à la Montre les mois de l'année, qu'eſt faite cette ouverture du cadran ; cependant elle a encore ſon mérite, dans les Montres de 30 heures ſur-tout, où on fait marquer les jours du mois deſſous la boîte (258).

318. Pour remettre la Montre à l'équation, lorſqu'on l'a laiſſée arrêter, on fera tourner le petit rochet *C* (*fig.* 1) : ce rochet,

rochet, fixé ſur l'axe du pignon, ſe meut à frottement, & peut tourner ſéparément de la roue ; comme la roue fait un tour en 10 jours, j'ai donné dix dents au rochet ; en ſorte que chaque dent dont on l'avance ou la rétrograde répond à un jour. Ainſi je ſuppoſe qu'on voulût amener la roue annuelle au 5 Janvier, on la feroit d'abord tourner juſqu'à ce que le 31 Décembre fût ſous l'index ; & avançant enſuite le rochet de trois dents, on ſeroit aſſuré que la roue eſt parvenue au 3 Janvier, & que l'ellipſe marqueroit exactement l'équation de ce jour.

319. La figure 15 repréſente la roue *C*, le rochet & le pignon 4 vu en profil : *d* fait voir le rochet & ſon pignon ſéparé de la roue *e* vue en plan ; cette roue s'ajuſte contre le rochet après lequel elle eſt retenue par la petite clavette *f* qui la preſſe, & forme un frottement tel que cette roue ne peut tourner ſéparément du rochet, que lorſqu'on fait tourner celui-ci avec la main : il faut avoir attention de placer derriere la clavette une petite vis attachée à la roue *e*, afin de l'empêcher de ſortir de ſa place.

320. La figure 13 repréſente la piece qui ſert à porter le rateau : cette piece s'attache par une vis avec la bâtte ; elle porte une broche qui entre dans le canon du rateau.

321. La figure 12 repréſente le reſſort en *F* (*fig.* 3) qui, placé après la bâtte par une vis, preſſe le rateau, de maniere qu'il appuie continuellement contre l'ellipſe.

322. La figure 18 repréſente le côté intérieur de la platine des piliers, ſur laquelle eſt tracé le calibre d'une répétition à équation, à ſecondes de deux battements, allant 30 heures ſans remonter. *A* eſt le barillet ; *B*, la roue de fuſée qui porte 60 dents ; elle engrene dans le pignon de la grande roue moyenne *C* ; ce pignon a 10 dents. La roue *C* porte 64 dents ; elle engrene dans le pignon de 8 dents, qui porte la petite roue moyenne *D* de 60 dents ; elle engrene dans le pignon de la roue de champ *E*, dont la tige prolongée porte l'aiguille des ſecondes ; ce pignon eſt de 8 : la roue *E* a 48 dents ; elle engrene dans le pignon de la roue d'échappement *F* qui a 12 dents, & la roue 15 : cette roue fait donc faire 30 vibra-

tions au balancier à chaque révolution qu'elle fait; & comme elle fait quatre tours pour un de la roue *E*, elle fait quatre fois 30 vibrations ou 120 battements, qui étant chacun de demi-feconde, la roue *E* refte une minute à faire un tour. Le pignon de la roue *D* paffe à la cadrature & conduit la roue *G* des minutes (*fig.* 17), dont on verra l'ajuftement en grand (*Planche XXVII*, & l'explication feconde Partie, Chap. XXXVI) : *a*, *b*, *c*, *d*, *e* font les roues de fonnerie du petit rouage : *a* porte 40 dents; *b* 32, *c* 32, *d* 28, & *e* 26 : celle-ci engrene dans le pignon de volant, qui eft de 6 dents, ainfi que les autres pignons du petit rouage de fonnerie.

323. Dans la piece à huit jours que nous avons décrite, de même que pour les Montres qui vont un mois, la roue de fufée porte le canon comme nous l'avons expliqué (307); & la roue annuelle fe meut par ce moyen d'un mouvement uniforme. Dans les Montres à 30 heures, je fais porter immédiatement par le pivot prolongé de la fufée (*fig.* 19) qui paffe à la cadrature (*fig.* 17), un pignon *a* de fix dents, percé dans fa longueur; & il entre à frottement fur le pivot prolongé de la fufée, (qui d'ailleurs eft faite à l'ordinaire), avec lequel il eft retenu par une goupille qui paffe à travers le pignon & le pivot. Ce pignon *a* (*fig.* 17) engrene dans la roue *b* de 24 dents, rivée fur un canon qui fe meut fur une broche portée par la platine : cette roue *b* porte une cheville, qui, à chaque révolution de la roue, fait avancer une dent de l'étoile *C*.

324. Pendant qu'on remonte la Montre, l'action du pignon fur la roue *b* oblige la cheville qu'elle porte, de faire avancer une dent de l'étoile *C*. Or, comme on remonte la Montre une fois par jour, & que cette roue *b* ne peut agir qu'une fois fur l'étoile, celle-ci qui a dix dents, fait un tour en dix jours : cette étoile eft fixée fur l'axe d'un pignon de quatre dents, lequel engrene dans la roue annuelle de 146 dents : celle-ci fait donc un tour en 365 jours (308); l'étoile *C* eft retenue par le fautoir *d*.

325. Il faut obferver, par rapport à cette maniere de faire

mouvoir l'étoile & la roue annuelle, qu'il faut que les dents de l'étoile ne ſoient pas dirigées au centre de la roue qui la mene, mais plus avant du côté où ſe meut la cheville lorſqu'on remonte la Montre; car cette roue étant menée par l'axe de la fuſée, va & revient ſur elle-même; en ſorte que ſi la dent de l'étoile étoit dirigée au centre, la dent qui auroit avancé pendant que l'on remontoit la Montre, rétrograderoit lorſque la Montre marche & que la fuſée revient en ſens contraire; au lieu qu'en dirigeant ces dents à-peu-près comme dans la figure 17, lorſque la fuſée rétrograde, l'étoile rétrograde auſſi un peu, mais pas aſſez pour parvenir à l'angle du ſautoir.

326. Il faut avoir attention à ne pas rendre trop fort le frottement de la roue annuelle contre la bâtte. Il faut, au contraire, qu'elle tourne librement, de crainte que l'effet du ſautoir ne ſe faſſe pas, c'eſt-à-dire, qu'il ne ramene pas l'étoile à ſon repos. Alors il arriveroit néceſſairement que la cheville paſſeroit ſans faire tourner l'étoile, & que la roue annuelle reſteroit en arriere : il faut d'ailleurs donner une certaine force au ſautoir pour aſſurer cet effet.

327. On voit que le mouvement de la roue annuelle n'eſt point uniforme; car elle n'avance de la 365e partie de la révolution qu'à chaque fois qu'on remonte la Montre, ce que j'ai fait pour ſimplifier la *conduite* de la roue annuelle; il eſt d'ailleurs aſſez indifférent qu'elle marche par ſaut à chaque jour, ou qu'elle aille d'un mouvement continu (236), puiſque l'équation d'un jour à l'autre ne differe que de 30 ſecondes au plus; mais pour contenter ceux qui pourroient ſouhaiter que la roue annuelle marchât d'un mouvement continu, voici le moyen dont il faut faire uſage. On diſpoſera la roue de fuſée de la même maniere que celle à huit jours (307); on ajuſtera à frottement ſur le canon de cette roue un pignon de 8 dents qu'on tiendra le plus petit poſſible; on fera engrener ce pignon *a* (*Pl. XIII, fig.* 1) dans une roue *b* qui portera 32 dents. Or comme la fuſée de la Montre qui va 30 heures, fait un tour en 6 heures (322), cette roue *b* fera une

révolution en 24 heures : on fixera cette roue *b* ſur un pignon de 4 dents, lequel engrenera dans la roue *C* qui en aura 40 ; celle-ci reſtera donc dix jours à faire une révolution. Cette roue *C* portera un pignon de 4 dents, lequel engrenera dans la roue annuelle de 146 dents ; ce pignon devra s'ajuſter à frottement & porter un rochet comme le fait celui de la Montre à 8 jours (319), afin de remettre l'équation au quantieme lorſqu'on aura laiſſé arrêter la Montre. Le pignon de la roue *b* ſera mobile entre la platine & le petit pont (*fig.* 1).

328. Dans les Montres à équation qui vont un mois, je fais conduire la roue annuelle de la même maniere que pour celles à 8 jours, à cela près, que comme la roue de fuſée reſte 5 jours à faire un tour, je fais engrener la petite roue que ſon canon porte, immédiatement dans la roue qui porte le rochet fixé ſur le pignon de 4, & je ſupprime par-là la roue & pignon & le pont de la roue *b* (*fig.* 1). Nous joignons ici le calibre de la Montre à équation d'un mois. La figure 4, Planche VIII, repréſente l'intérieur de la platine des piliers d'une Montre à un mois ſans remonter, à équation, répétition à ſecondes d'un ſeul battement, ſur lequel eſt tracé le calibre du *rouage*.

A eſt le barillet ; *B*, la roue de fuſée qui a 72 dents : elle engrene dans le pignon 10, qui porte la grande roue moyenne *C* ; celle-ci porte 60 dents, qui engrenent dans le pignon de 6 dents, qui porte la petite roue moyenne *D*. Cette roue a 60 dents, & engrene dans le pignon de 6 dents qui porte la roue de champ *E* ; celle-ci porte 60 dents, elle engrene dans un pignon de 6 dents qui eſt au centre ; celui-ci porte la roue d'échappement *F* qui a 30 dents. Or le balancier fait une vibration en une ſeconde ; ainſi la roue *F* reſte une minute à faire une révolution ; c'eſt ſon axe prolongé, qui porte l'aiguille des ſecondes : ſur la tige de la roue de champ *E* eſt chaſſé à force un pignon de 10 dents qui paſſe à la cadrature (*fig.* 5) ; il engrene dans la roue de minutes *G* qui a 60 dents, dont l'ajuſtement eſt pareil à celui de la Pendule à ſecondes (*Pl. III*), & de la Montre à ſecondes, repréſentée (*Pl. XXVII, fig.* 1 & 3) & décrite *ſeconde Partie*, *Chap. XXXVI.* Si l'on calcule les

révolutions de ce rouage, on trouve que pendant que la roue de fusée fait un tour, la roue d'échappement *F* en fait 7200; & comme celle-ci fait un tour par minute, la roue de fusée reste 7200 minutes, qui font 5 jours, à faire une révolution: c'est le canon de cette roue qui passe à la cadrature (de la même maniere que celui de la répétition à 8 jours) qui porte à frottement la roue *a* (*Pl. VIII, fig.* 5); cette roue *a* porte 20 dents qui engrenent dans la roue *b*, qui en a 40: celle-ci reste donc 10 jours à faire une révolution; elle s'ajuste sur l'axe d'un pignon de 4 dents, de la même maniere que celle à 8 jours (319); ce pignon engrene & conduit la roue annuelle de 146 dents. La cadrature de la répétition à un mois ne differe pas de celle à 8 jours: *a*, *b*, *c*, *d*, *e* sont les roues du petit rouage de sonnerie; elles ont les mêmes nombres que celles de la répétition de 30 heures (322).

REMARQUE.

329. Si l'on vouloit qu'une Montre à équation, allant 8 jours ou un mois, marquât les jours du mois, on placeroit, entre la bâtte & le grand cadran, un cercle divisé en 31 parties ou dents: ce cercle pourroit ainsi rouler sur un cordon de la bâtte. Pour le faire avancer d'une division à chaque jour, on placeroit un levier, dont un bras seroit mu par le rochet *b*, & dont un autre bras à pied de biche conduiroit le cercle de quantieme; on perceroit sur les 6 heures du grand cadran un trou à travers lequel on verroit les jours du mois.



CHAPITRE XIX.

De la maniere de tracer les Courbes de Pendules ou Montres à Equation.

I. Tailler la Courbe d'une Pendule à équation.

330. Pour tailler une courbe ou ellipfe, il faut commencer par remonter la cadrature d'équation, comme on le voit Planche XI, figure 1; former des repairs aux roues; attacher le cadran; mettre la roue annuelle en place, ainfi que l'ellipfe & le levier qui doit appuyer deffus; percer un trou à ce levier: ce trou doit fervir, 1°, à tracer la courbe; 2°, à porter une fraife ou lime circulaire, dont je parlerai bientôt; enfin, à porter un rouleau *O* pour appuyer fur l'ellipfe lorfqu'elle eft finie.

331. Le point de contact du rouleau *O* fur la courbe *E* doit être tel, que fi du centre *L* du levier on tire une ligne qui paffe par ce point *y*, & que de ce point de contact on éleve une perpendiculaire fur cette ligne, il faudra que cette perpendiculaire paffe par le centre de l'ellipfe, c'eft-à-dire, que la ligne *Ly* doit être *tangente* de la courbe au point *y*; mais comme le levier doit s'approcher & s'écarter du centre de l'ellipfe, felon l'inégalité des rayons de cette courbe, on voit qu'il n'y auroit que ce point *y* de la courbe où la ligne *yL* fût perpendiculaire au rayon *ys:* il faut donc faire que cette ligne *yL* foit tangente dans un point de la courbe qui foit *moyen* entre le plus grand & le plus petit rayon de l'ellipfe: par cette conftruction on déterminera la longueur *yL* du levier, & la courbe menera ce levier avec la moindre réfiftance. Les leviers ou machines, qui agiffent ainfi par la tangente, font dans le cas le plus favorable du mouvement:

c'eſt par ce point qu'un marteau doit frapper ſur un timbre; que les dents d'un rochet doivent agir ſur les bras de l'ancre; que le crochet de fuſée doit être arrêté par le garde-chaîne; que les détentes de ſonnerie doivent arrêter les chevilles d'arrêt, &c.

332. Il faut, après que cela eſt ainſi diſpoſé, mettre en place les aiguilles *du temps vrai & moyen*, & fixer celle du temps vrai à 60 minutes préciſes, c'eſt-à-dire, ſur le midi, parce que ſelon les Tables d'équation que nous donnons ici, elles indiquent les quantités de minutes & ſecondes que doit marquer l'aiguille du temps moyen lorſqu'il eſt midi au Soleil; ainſi l'aiguille du temps vrai reſtera immobile, tandis qu'on fera ſuivre à celle du temps moyen les quantités marquées par la Table d'équation.

333. On conduira la roue annuelle en ſorte que le premier Janvier ſoit ſous l'index: on verra enſuite dans la Table d'équation ([a]) la quantité dont le temps moyen differe du midi au Soleil le premier Janvier; & conduiſant l'aiguille du temps moyen au nombre des minutes & des ſecondes indiquées par la Table, on prendra le foret avec lequel on a percé le trou du levier ou rateau, & on marquera un point ſur la plaque qui doit former la courbe. Cette opération faite, il faut faire paſſer quatre diviſions de la roue annuelle, qui répondent à quatre jours; ce qui donnera le 5 Janvier: on verra dans la Table l'équation de ce jour, & l'on conduira l'aiguille du temps moyen à la quantité que marque la Table; & de même qu'au premier Janvier, on marquera un point ſur la plaque, on avancera la roue annuelle de cinq diviſions; & ainſi de cinq en cinq jours on fera des marques ſur la plaque *E*, juſqu'à ce que la révolution annuelle ſoit achevée: les points marqués par le foret, déterminent donc la figure de la courbe: il ne s'agira plus que de la tailler; & lorſque l'on aura percé un

[a] Nous avons donné des Tables d'équations pour quatre années: on ſe ſervira de la troiſieme Table pour tailler les courbes, parce qu'elle partage à-peu-près les différences de la premiere & de la quatrieme. On verra dans le Chapitre XX, l'uſage de ces Tables pour régler les Horloges.

trou à chaque point, on pourra, avec une petite ſcie, couper cette courbe en ne faiſant qu'effleurer les trous, & réſervant à les emporter avec une lime.

334. Une courbe taillée avec les ſoins que je viens d'indiquer, pourroit être aſſez juſte. Cependant, pour y donner un plus grand degré de perfection, il faut l'égaliſer avec une fraiſe ou lime circulaire d'environ trois lignes de diametre; cette fraiſe porte deux pivots, dont l'un roule dans le trou qui a ſervi à marquer la courbe, & l'autre eſt porté par un petit pont *Q* attaché ſur le rateau.

335. La fraiſe miſe dans cette eſpece de cage, porte un cuivrot ou poulie dans laquelle on fait paſſer une corde d'*archet*, pour faire tourner la fraiſe, & par ce moyen emporter la matiere qu'il y a de trop à certaines parties de la courbe. Pour cet effet, on verra combien l'aiguille du temps moyen doit différer du midi au ſoleil pour tel jour donné; mais il faut obſerver, avant de rien limer à la courbe, que le diametre de la fraiſe que j'ai ſuppoſé de trois lignes, éloigne d'une ligne $\frac{1}{2}$ le rateau de la courbe de plus qu'il ne l'étoit lorſqu'il a ſervi à la tracer; ce qui changera néceſſairement la ſituation de l'aiguille du temps moyen : ainſi pour faire reprendre à cette aiguille la place que détermine la Table d'équation, il faudroit emporter tout autour de la courbure la grandeur du rayon de la fraiſe, ce qui ſeroit un ouvrage inutile & pénible, & qui rendroit la courbe plus petite qu'elle ne doit être. Pour parer à cette difficulté, je fais le levier de deux pieces *R* & *L*. La piece *L* qui agit & poſe ſur la courbe, peut ſe mouvoir ſéparément de la partie *R* du rateau, de ſorte qu'on éloigne & approche la partie qui touche la courbe, juſqu'à ce qu'appuyant ſur cette courbe au point où elle eſt trop enfoncée, l'aiguille marque l'équation répondant audit jour; alors ayant fixé enſemble ces deux parties *R* & *L* du rateau, on emporte d'abord de cinq jours en cinq jours toutes les parties de la courbe où il y a trop de matiere, & on lime les intervalles après avoir fait la révolution : enfin on peut, après cela, y toucher à chaque jour & l'égaliſer juſqu'à ce que l'aiguille

l'aiguille marque exactement l'équation ; il ne fera plus question que de fubftituer, en place de la fraife, un rouleau *O* de même diametre, qui tournera dans les mêmes trous, & appuiera fur l'ellipfe.

336. Nous préférons une cheville d'acier trempé, fixée au rateau, au rouleau dont nous avons parlé, celui-ci pouvant prendre du jeu ou changer par fon roulement. D'ailleurs c'eft multiplier l'ouvrage, pour diminuer un frottement qui ne peut caufer aucune erreur.

337. Pour tailler une courbe avec beaucoup de précifion, il ne fuffit pas de divifer, à la vue fimple, chaque divifion des minutes du cadran en des parties que l'on fuppofe être de 30 fecondes, de 15, de 10, de 5, &c. il faut de plus les divifer en effet avec un compas, de forte que chaque minute foit partagée en douze parties égales & même en quinze, fi on veut tailler fon ellipfe à quatre fecondes près.

REMARQUE.

338. Une méthode que j'emploie avec fuccès pour marquer très-jufte les courbes d'équation, c'eft de faire entrer à force, dans le trou que l'on perce au rateau, une pointe d'acier trempé, & bien tournée : lorfqu'on a amené l'aiguille à l'équation, un coup de marteau frappé fur cette efpece de *pointeau* marque fur la plaque un point très-exactement, & mieux qu'avec un foret.

339. Lorfqu'on aura ainfi marqué tout le contour de l'ellipfe, on percera par ces points des trous qui foient jufte de la groffeur de la cheville qui devra appuyer fur l'ellipfe, chofe très-effentielle ; car au moyen de cette précaution, & de l'exactitude que l'on mettra en ufage pour marquer les points fur la plaque, on taillera l'ellipfe très-exactement & fans qu'il foit befoin de l'égalifer enfuite. Cette méthode eft très-expéditive : elle eft d'autant plus utile, qu'il y a telle difpofition d'équation où il ne feroit pas poffible de fe fervir du foret ni de la fraife.

II. *De la maniere de tailler les Courbes des Montres & Pendules d'Equations à Cadrans mobiles.*

PLANCHE XIII, *Figure 3.*

340. On aſſemblera ſur la bâtte toutes les pieces qui ſervent à l'équation, c'eſt-à-dire, la roue annuelle, la plaque de l'ellipſe, (laquelle doit tenir à la roue par deux petites chevilles), le rateau auquel on aura percé un trou avant que de le tremper, le pignon ou chauſſée *A*; il faut former un repaire du pignon avec le rateau, c'eſt-à-dire, faire un point ſur une dent du pignon, & un autre dans l'intervalle des deux dents du rateau; on fera entrer la plaque qui porte le petit cadran ſur le canon du pignon *A*.

341. On placera le petit cadran ſur la plaque *F* (*fig.* 14): tout étant ainſi préparé, on fera une fauſſe aiguille *G* qui portera un canon, dont le côté extérieur entrera à frottement dans le trou du pignon *A*. Cette aiguille aura deux bouts; l'un ſera de longueur propre à marquer ſur les diviſions du petit cadran, & l'autre ſur celles du grand. Lorſqu'on aura placé le grand cadran, on fera entrer le canon de la fauſſe aiguille à force dans la chauſſée *A*.

342. On fera tourner cette fauſſe aiguille ſéparément du pignon, de maniere qu'en amenant le trou fait au rateau à l'extrémité de la plaque qui doit former l'ellipſe, le grand bout de la fauſſe aiguille ſoit ſitué ſur les 16 ou 17 minutes du grand cadran à temps moyen; & qu'en ramenant le rateau près du centre, l'aiguille rétrograde juſqu'au 42 ou 43 minutes, ce qui détermine à-peu-près l'eſpace que doit parcourir le cadran du temps vrai: dans cette opération les 60 minutes du petit cadran doivent toujours être ramenées ſous le petit bout de l'aiguille. Quoiqu'à la rigueur ce cadran ne ſoit pas néceſſaire dans les moments actuels où l'on trace la courbe, il aide à faire voir les raiſons d'opérations que nous indiquerons.

343. Nous obſerverons ici que lorſque l'on conſtruit une

piece à équation, il faut avoir attention à proportionner la grandeur ou plaque de l'ellipſe à la groſſeur du pignon, & réciproquement ; ce qui eſt aiſé : car ce pignon devant faire un peu plus d'un demi-tour, il faut que le développement de la moitié de ſa circonférence ſoit égal au chemin que peut faire le bout du rateau, depuis l'extrémité de la plaque qui doit former l'ellipſe juſqu'à une diſtance du centre à-peu-près égale à celle que nous avons indiquée par nos figures.

344. Enfin pour trouver ſur quels nombres on doit fendre le rateau, pour que ſon engrenage avec le pignon ſoit parfaitement bon, on partira de ce principe, que *pour que deux roues d'inégale grandeur puiſſent s'engrener le plus favorablement, il faut que les nombres de leurs dents ſoient entr'eux comme leurs circonférences.* Or les circonférences ſont entr'elles comme les rayons & les diametres ; donc ſi on connoît dans le cas actuel le diametre ou le rayon du pignon & du rateau, on trouvera aiſément le nombre ſur lequel on doit fendre le rateau : je ſuppoſe que l'on a un pignon de trois lignes de diametre & 16 dents, & que le rateau dans lequel il doit engrener, a 7 lignes de rayon ; on réduira l'un & l'autre rayons en douziemes de lignes ; le rayon du pignon eſt d'une ligne & demie $= \frac{18}{12}$, & celui du rateau eſt $\frac{84}{12}$: on fera donc la proportion $18 : 84 :: 16 : x$; multipliant 84 par 16, & diviſant par 18, on aura 74, qui eſt le nombre ſelon lequel on doit fendre le rateau. On obſervera que ſi le pignon mene, il faut fendre le rateau ſur un plus grand nombre, comme deux dents de plus ; ou ſi au contraire le rateau conduit le pignon, comme dans le cas actuel, il faut le fendre ſur un plus petit nombre, ſur 72 par exemple.

345. Pour revenir au moyen de tailler l'ellipſe ; lorſqu'on aura préparé la machine de la maniere que nous venons de le dire, on fera avancer la roue annuelle, graduée comme on le voit (*fig. 6*), de façon que le premier Janvier ſoit ſous l'index de la bâtte : on verra dans la Table d'équation de combien le temps moyen differe du midi au Soleil pour ce jour ; on trouve dans la troiſieme Table, que lorſqu'il eſt midi au Soleil,

l'aiguille du temps moyen doit marquer 4 minutes 13 ſecondes; on avancera donc la fauſſe aiguille (dont le mouvement entraînera le pignon & le rateau) ſur les 4 minutes 13 ſecondes du grand cadran; on marquera avec un foret qui entre bien juſte dans le trou du rateau, un point ſur la plaque de l'ellipſe: c'eſt celui ſur lequel le rateau doit appuyer, pour que l'aiguille du temps moyen ([a]) marque 4 minutes 13 ſecondes lorſqu'il eſt midi au Soleil. Il faut marquer ce point avec une grande attention, & de maniere que l'aiguille ne s'écarte pas des 4 minutes 13 ſecondes, & que par conſéquent le rateau reſte immobile.

346. Pour fixer le rateau, & par conſéquent pour marquer la courbe avec une grande préciſion, il faut faire frotter ſur la bâtte le porte-cadran *F*, en ſorte qu'il ne puiſſe tourner pendant qu'on marque l'ellipſe; & lorſque celle-ci eſt taillée, on donne la liberté convenable au porte-cadran.

347. Ce frottement de la plaque *F* (*fig.* 14) ſur la bâtte facilitera ſinguliérement l'exécution de la courbe; car tandis que l'on marquera les points avec le foret, on ſera aſſuré que la fauſſe aiguille ne ſe ſera pas dérangée; il faut donc que ce frottement ſoit un peu dur; mais il faut avoir ſoin d'éviter que ſa réſiſtance étant trop forte, le canon de la fauſſe aiguille ne puiſſe tourner ſéparément du pignon; car dans ce cas la courbe ſeroit mal tracée, puiſque le premier point que l'on auroit marqué ſur la courbe ne ſe retrouveroit plus (après la révolution entiere de la courbe) ſous le trou du rateau, c'eſt-à-dire, que la courbe ſeroit irréguliere & ne rentreroit pas ſur elle-même. Pour prévenir ce défaut, il faut fixer la fauſſe aiguille *G* avec une vis ſur la plaque *F* du petit cadran, en ſorte que l'aiguille entraînera ſûrement la plaque; & comme celle-ci entre à force ſur le pignon *A*, ce pignon ſera auſſi entraîné par la fauſſe aiguille. Pour rendre ces pieces encore

[a] Le grand bout de la fauſſe aiguille repréſente l'aiguille du temps moyen: ainſi en conduiſant cette fauſſe aiguille ſelon les quantités indiquées par la Table d'équation, elle ſervira à trouver & à marquer les points de la courbe ſur leſquels le rateau doit appuyer, pour conduire le cadran du temps vrai, de maniere à marquer les variations du Soleil.

plus fixes les unes avec les autres, on fera paffer par le trou du pignon *A* une broche *H* dont le bout foit taraudé pour recevoir un écrou 1, lequel preffera la fauffe aiguille pardeffus, tandis que la portée de la broche *H* preffera le pignon *A*. Ces attentions font très-effentielles ; & en les employant, on tracera la courbe auffi jufte qu'on peut le defirer ; il faut auffi que la roue annuelle tourne à frottement pendant que l'on marque la courbe, afin que le foret ne puiffe la déranger. La fauffe aiguille *G*, & le petit arbre *H* feront donc des inftruments dont on fe fervira à chaque fois que l'on voudra tracer de pareilles courbes.

348. On avancera enfuite la roue annuelle au 5 Janvier ; on verra l'équation de ce jour qui eft de 6 minutes 3 fecondes, dont le temps moyen avance ; on conduira donc la fauffe aiguille fur 6 minutes 3 fecondes du grand cadran ; on marquera avec le foret un point fur la plaque, & on continuera ainfi à marquer des points en conduifant la fauffe aiguille, felon que la Table l'indique, jufqu'à ce que la roue, & par conféquent l'ellipfe, aient fait une révolution.

349. La plaque étant ainfi marquée, on percera, par chacun des points, des trous avec un foret un peu plus gros que le trou fait au rateau ; & cela pour que la petite poulie d'acier que l'on fixera au rateau, ayant fon collet de même groffeur que ce foret, il refte cependant une petite portée qui ferve à la fixer avec le rateau, fur lequel elle doit être rivée : cette cheville, que j'appelle *Poulie*, par fon effet en forme une, lorfqu'elle eft rivée à ce rateau ; car fans cela c'eft une efpece de vis à affiette avec une petite tête mince, comme on le voit (*fig.* 11)

350. Ayant ainfi percé l'ellipfe, on limera toute la matiere de la plaque jufqu'à ce que l'on ait emporté les trous ; mais il faut le faire avec beaucoup de précaution ; car fi l'on ne taille pas l'ellipfe jufte, avec toutes ces attentions elle deviendra d'autant plus difficile à égaler, que l'on ne peut pas fe fervir, comme pour les Pendules (534), d'une fraife qui ôte le trop de matiere. Pour prévenir cette difficulté, il faut

marquer exactement les points, limer la courbe avec précaution, & faire le fond de la poulie qui appuie, de la même grosseur que celle du foret qui a percé les trous.

351. On limera le dessous de la courbe en biseau, comme cela est vu (*fig.* 8); nous avons déja dit que c'est pour loger la petite tête de la cheville du rateau, afin qu'elle le retienne & l'empêche de s'en écarter, ce qui arriveroit vu le peu d'épaisseur de ces pieces.

352. Le rateau ne peut jamais désengrener de son pignon, car je l'ajuste de sorte qu'il tende à faire ressort, & à appuyer sur l'ellipse; il est encore empêché par l'assiette de la roue de cadran.

353. L'ellipse ainsi taillée, & la cheville du rateau étant fixée, on remontera de nouveau la machine avec le petit cadran, la fausse aiguille, &c. comme la premiere fois. On fera avancer le 15 Juin sous l'index; & comme ce jour, le temps vrai & le temps moyen sont ensemble (à 4 secondes près), on tournera le petit cadran de sorte que le 60 soit diamétralement opposé au midi du grand cadran; on placera la fausse aiguille sur le 60 de l'un & de l'autre cadran; & faisant faire une révolution à la roue annuelle, on verra si dans les autres jours la fausse aiguille marque juste l'équation du jour indiqué par la Table; si cela est, on fera un repaire du canon de la plaque avec le bout supérieur du pignon du temps vrai; sinon, on attendra, pour faire ce repaire, qu'on ait marqué les points de la courbe où il y a trop de matiere, & qu'on ait limé & égalisé cette ellipse; avec ces précautions on aura très-exactement l'équation; mais il faut observer que l'engrenage du pignon avec le rateau doit être précis & sans jeu.

354. Cette équation est très-simple & solide; elle occupe fort peu de place, & ne charge aucunement la Montre, puisque toute la force qu'elle doit employer pour la mouvoir, se réduit à faire faire une révolution en un an à cette roue, étant seulement pressée par le ressort qui agit sur le rateau.

355. Par rapport à l'ajustement des aiguilles de minutes des Montres à équation & à secondes & répétition, il ne

peut être fait quarrément, car la chauffée eft trop mince; pour y suppléer, je fais entrer bien jufte le trou de l'aiguille des minutes fur le bout du canon qui tient lieu de chauffée, & je fais tourner cette aiguille jufqu'à ce qu'elle faffe détendre bien jufte l'étoile de la répétition; alors je perce l'épaiffeur du canon de l'aiguille & celle de la chauffée; j'ôte l'aiguille & je fais une petite fente à la chauffée qui coupe le petit trou; je chaffe une cheville d'acier dans l'épaiffeur du canon de l'aiguille; cette cheville entre fort jufte dans la fente de la chauffée, ce qui les fixe l'une avec l'autre.

De l'utilité des Montres à Equation.

356. Les Montres à équation ont une propriété effentielle; c'eft que comme elles fuivent le mouvement du Soleil (217) elles peuvent être réglées facilement; car dans les Montres ordinaires à temps moyen, pour les régler au Soleil, il faut avoir égard aux variations de cet aftre, & faire abftraction de ces écarts, ce qui exige des opérations que peu de perfonnes prennent la peine de faire; au lieu que dans les Montres à équation, il fuffit de mettre l'aiguille qui marque le temps vrai avec le Soleil: fi la Montre eft réglée, cette aiguille doit toujours fe rencontrer avec le méridien; & fi cela n'eft pas, c'eft une preuve que la Montre a varié de toute la quantité dont l'aiguille du temps vrai differe du midi au Soleil. Or dans cette fuppofition, toute l'opération qu'on aura à faire fe bornera à remettre l'aiguille du temps vrai avec le midi au Soleil, & à toucher à l'aiguille de rofette, à proportion de l'écart de la Montre: ainfi on eft difpenfé de recourir aux Tables d'équation pour favoir fi le Soleil a varié, de combien & en quel fens, comme cela eft néceffaire pour les Montres ordinaires: *voyez Chap. XX.* Il faut convenir que ces fortes de machines ne font pas à l'abri des écarts inévitables des Montres; mais par leur conftruction elles marquent toujours exactement la différence du temps vrai au temps moyen; & l'on aura toujours très-approchant l'heure du Soleil, pourvu qu'on

les remette avec le méridien tous les huit ou dix jours. Une Montre à équation ne s'écarte donc du Soleil qu'à cause des écarts inévitables à la Montre, au lieu que la Montre ordinaire s'écarte du Soleil, & parce que cet astre varie, & par les écarts de la Montre, ce qui double les différences; je dois encore ajouter en faveur de ces sortes de Montres, que comme elles sont d'un grand prix, elles sont composées & exécutées avec plus de soin que des Montres ordinaires. Je ne doute donc point que l'usage de ces Montres ne devienne par la suite plus commun; c'est pour cette raison que je suis entré dans tous les détails de construction & d'exécution de ces machines, afin d'en faciliter la pratique aux Ouvriers adroits & intelligents.

CHAPITRE XX.

De l'usage de la Table d'Equation, pour régler les ouvrages d'Horlogerie.

357. APRÈS avoir parlé des variations du Soleil (*Chap. I.*), de la construction des Pendules & des Montres à équation (*Chap. XII & suiv.*), des moyens de les exécuter & de se servir des Tables d'équation pour tailler l'ellipse, je dois m'arrêter à l'usage que l'on fait de ces Tables pour régler les Pendules ordinaires, ainsi que les Montres, & donner des méthodes pour en rendre l'usage facile. Pour mieux en donner l'intelligence, je crois à propos de rappeller ce que j'ai dit, soit sur la division du temps, soit sur les deux sortes de temps, (le temps vrai ou apparent & le temps égal ou moyen).

358. Le temps vrai est celui que marque un Cadran solaire ou un Méridien; en général, c'est le temps qui est mesuré par la révolution journaliere du Soleil; mais comme on l'a vu ci-devant (17), le Soleil varie: ainsi pour régler une Montre

Montre ou Pendule par le méridien, il faut faire attention à cette variation du Soleil.

359. Le temps moyen ou égal, eſt le temps dont toutes les parties ſont exactement uniformes. Tel eſt celui que marque une Pendule à ſecondes, qui étant miſe un certain jour de l'année avec le Soleil, ſe retrouveroit dans un an à pareil jour juſte avec lui à ſon paſſage au même méridien.

360. Les Pendules & Montres ne peuvent marquer conſtamment que le temps moyen; ces machines étant bien conſtruites ne ſçauroient diviſer le temps qu'en des parties égales : lors donc que l'on veut régler une Pendule par le méridien, il faut faire abſtraction des écarts du Soleil, c'eſt à cet uſage que ſont deſtinées les Tables d'équation.

361. Les Tables d'équation que nous donnons ici ſont tirées des *Ephémérides des mouvements céleſtes*, publiées par M. de la Lande.

362. La premiere Table eſt calculée pour l'année biſſextile 1788 : elle peut ſervir ſans erreur ſenſible pour trois ou quatre années biſſextiles, tant en deçà qu'au-delà de 1788.

363. La ſeconde Table eſt calculée pour l'année 1789 : elle peut ſervir pour chacune des premieres années après la biſſextile, pendant douze ou ſeize ans avant & après 1789.

364. La troiſieme Table eſt calculée pour l'année 1790 : elle peut ſervir pendant douze ou ſeize ans pour chaque ſeconde année après la biſſextile.

365. Enfin la quatrieme Table eſt calculée pour l'année 1791 : elle peut ſervir de même pour chaque troiſieme année qui ſuit la biſſextile, comme 1787 : 1795, &c.

366. Ces Tables indiquent pour chaque jour de l'année à l'inſtant du midi au Soleil, l'heure qui doit être marquée ſur le méridien de Paris, par une Horloge réglée ſur le temps moyen : ainſi on voit que le premier Janvier 1786, (*voyez Table III*,) l'Horloge doit marquer 4 minutes 14 ſecondes ([a]) à l'inſtant du midi au Soleil à Paris. Le premier

[a] C'eſt-à-dire, que l'Horloge doit marquer midi 4 minutes 13 ſecondes lorſqu'il eſt midi au Soleil.

Mai l'Horloge doit marquer 11 heures 56 minutes 50 secondes, lorsqu'il est midi au Soleil, & ainsi de suite. Ces Tables sont donc très-utiles pour régler les ouvrages d'Horlogerie; car si à l'instant du midi au Soleil, on fait marquer à une Horloge l'heure exacte indiquée par la Table d'équation au jour proposé, & que le lendemain ou un autre jour, on compare l'heure de l'Horloge avec le midi au Soleil; pour que cette Horloge soit réglée, il faut qu'elle marque exactement l'heure, la minute & la seconde indiquées par la Table pour le jour où l'on voit le midi au Soleil; & si elle differe en plus ou en moins, c'est une preuve qu'elle n'est pas réglée sur le temps moyen; car puisque ces Tables indiquent la quantité des variations du Soleil sur un mouvement moyen & uniforme (17), pour que l'Horloge soit réglée, il faut qu'elle differe toujours du midi au Soleil de la quantité de ces écarts indiqués par la premiere colonne de la Table.

367. La derniere colonne de chaque mois marque pour tous les jours de l'année, le nombre de secondes dont le Soleil varie en 24 heures sur le temps moyen. Ce sont ces quantités qui, ajoutées ou soustraites, forment l'équation de l'Horloge: ainsi on voit (*Table I*), qu'en ajoutant à l'équation 4 minutes 0 secondes pour le premier Janvier, 24 secondes, dont le temps moyen a avancé sur le temps vrai du premier au 2, on aura 4 minutes 29 secondes, qui fait l'équation du 2 Janvier; & si on soustrait de l'équation du premier Mars, qui est 12 minutes 29 secondes, la quantité 13 secondes, dont le temps moyen a retardé sur le temps vrai du premier au 2, on aura pour l'équation du 2 Mars 12 minutes 16 secondes. (Ces différences doivent être ajoutées lorsqu'elles sont marquées croissantes, & soustraites quand elles sont marquées décroissantes).

368. Quand les différences sont marquées *croissantes*, c'est alors que le temps moyen va en avançant par rapport au Soleil; ou, ce qui revient au même, que le Soleil va en retardant par rapport au temps moyen: & quand ces différences sont marquées *décroissantes*, le temps moyen va en retardant sur le Soleil.

369. On peut auſſi ſe ſervir de cette colonne des différences pour régler une Horloge. Nous allons le faire voir par un exemple ; enſuite nous paſſerons à l'application de la premiere colonne pour régler les Horloges & les Montres, cette derniere étant beaucoup plus utile & plus commode.

REMARQUE.

370. Quoique ces Tables ſoient plus que ſuffiſantes pour les beſoins des Artiſtes, ſans leur faire aucune correction pour les années éloignées, ſi cependant on étoit curieux de ſavoir par quel moyen on pourroit avoir la quantité préciſe du temps moyen au midi vrai pour d'autres années que celles pour leſquelles celles-ci ont été calculées, on y emploiera la petite Table ſuivante, qui indique de dix en dix jours la correction qu'il faudroit faire au bout de 100 ans, & à proportion pour un autre nombre d'années.

Table de la correction qu'il faut faire au bout de cent ans Juliens, pour avoir le Midi moyen au Midi vrai.

Jours de l'Année.	Correct. ſouſtract. Sec.	Jours de l'Année.	Correct. addit. Sec.	Jours de l'Année.	Correct. addit. Sec.	Jours de l'Année.	Correct. ſouſtract. Sec.
Janv. 1	14½	Avril 1	0	Juill. 1	15	Oct. 1	0
11	14	11	3	11	14	11	2½
21	13	21	5	21	14	21	5
Févr. 1	12	Mai 1	8	Août 1	13	Nov. 1	7
11	11	11	10	11	11	11	9
21	9	21	12	21	9	21	11
Mars 1	7	Juin 1	13	Sept. 1	7	Déc. 1	13
11	5	11	14	11	5	11	13½
21	2½	21	15	21	2½	21	14

On demande, par exemple, quelle eſt l'équation qui convient au 15 Février 1794 : cette année eſt la ſeconde après la

bissextile : l'équation pour 1770, seconde après la bissextile, est 14 minutes 31 secondes, selon la Table III. Or je trouve dans la petite Table précédente que la correction pour le 15 Février (milieu entre le 11 & le 21 à-peu-près) est entre 11 & 9 secondes, soustractive : supposons donc 10 secondes : de 1770 à 1794, il y a vingt-quatre ans : je dis donc ; si en 100 ans la correction est de 10 secondes, en 24 ans elle est de 2 secondes $\frac{1}{2}$; donc il faut ôter 2 secondes $\frac{1}{2}$ de l'équation 14 minutes 31 secondes ; & on a celle qui convient au 15 Février 1794 de 14 minutes 28 secondes $\frac{1}{2}$.

Si on vouloit calculer le midi moyen au midi vrai pour plusieurs années avant celles pour lesquelles ces Tables ont été dressées, il faudroit employer comme additive la correction qui est marquée soustractive, & comme soustractive celle qui est marquée comme additive.

Par exemple, pour le 29 Mai 1715, année troisieme après la bissextile, éloignée de 56 ans de 1771, pour laquelle la Table IV a été calculée, on trouve dans la petite Table précédente que la variation pour 100 ans est de 13 secondes, additive ; faisant cette proportion ; 100 ans sont à 56 comme 13 secondes sont à 7 secondes, on trouve qu'il faut ôter 7 secondes de 11 heures 56 minutes 14 secondes temps moyen au midi vrai le 29 Mai 1771, & on a 11 heures 56 minutes 7 secondes, temps moyen au midi vrai le 29 Mai 1715.

Usage de la colonne des Différences.

371. Pour régler une Pendule (ou Montre) au moyen de la colonne des différences, il faut mettre son Horloge (ou Montre) avec le méridien, & voir le lendemain si elle differe du Soleil de la quantité que marque la Table pour ce jour-là : si elle differe juste de la même quantité de secondes, & dans le sens que la Table indique, c'est une preuve que la Pendule est réglée ; si au contraire elle ne marque pas juste cette quantité, il faut la régler en conséquence de l'erreur.

EXEMPLE.

372. Le 27 Décembre 1786, on a mis la Pendule au méridien. Pour favoir fi elle eft réglée, on verra dans la feconde colonne combien le temps moyen a changé fur le midi au Soleil depuis le jour précédent; on trouve (*voyez Table III*) que les différences font croiffantes, & que par conféquent (368) il a avancé de 30 fecondes: fi donc la Pendule eft réglée, elle doit être en avance le 28 Décembre, de 30 fecondes fur le midi au Soleil; car fi elle fe trouvoit jufte avec le méridien, il faudroit qu'elle eût retardé de 30 fecondes, puifque le temps moyen a avancé de cette quantité en 24 heures, ainfi il faudroit toucher (à l'écrou, fi c'eft une Pendule, & à l'aiguille de rofette, fi c'eft une Montre), à proportion de l'écart; fi au contraire elle étoit en avance avec le méridien de plus de 30 fecondes, elle auroit avancé, il faudroit donc la régler en conféquence.

373. Si on laiffe écouler plufieurs jours fans voir le méridien, pour lors il faut additionner le nombre de fecondes de la Table, à compter du jour où la Montre ou la Pendule a été mife au méridien, à celui où on l'obferve: fi l'Horloge eft réglée, elle doit différer du méridien de cette quantité jufte; finon, il faut la régler en conféquence de l'erreur, ainfi qu'on vient de le voir.

374. Ces différences doivent être ajoutées enfemble lorfqu'elles font toutes ou croiffantes ou décroiffantes; car fi elles étoient partie croiffantes & partie décroiffantes, il faudroit prendre à part la fomme des croiffantes & la fomme des décroiffantes, puis fouftraire la plus petite fomme de la plus grande, & l'excès donneroit la différence du temps moyen au midi au Soleil. Je fuppofe, par exemple, que le 6 Février 1764, on a mis fon Horloge ou fa Montre fur un bon méridien, & qu'on ne revoit ce même méridien que le 14: les différences font croiffantes jufqu'au 11, (*voyez Table I*); leur fomme eft 9 fecondes; & du 11 au 14 elles font décroiffantes, faifant la

somme 3 : l'excès des différences croissantes sur les décroissantes est de 6 secondes, & par conséquent le temps moyen a dû avancer (368) de 6 secondes du 11 Février au 14.

REMARQUE.

375. Lorsqu'on laisse écouler plusieurs jours sans voir le méridien, cette addition qu'il faut faire de ces différences devient embarrassante ; il faut donc se servir de la premiere colonne avec laquelle on réglera la Pendule, & on lui fera suivre le temps moyen ou uniforme. Pour cet effet, il faut mettre la Pendule, au moment du passage du Soleil par le méridien, à la quantité de minutes & de secondes marquée au jour proposé dans la premiere colonne, & voir le lendemain, ou un autre jour, si la Pendule marque, à l'instant du passage du Soleil par le méridien, le nombre de minutes & secondes indiqué par la Table pour ce jour : si elle marque cette quantité juste, c'est une preuve qu'elle est réglée ; au contraire, si elle differe de cette quantité, soit en avance, soit en retard, il faut baisser ou hausser la lentille proportionnellement à l'erreur, & au sens dont l'Horloge se sera écartée de la Table.

EXEMPLE.

376. Le 18 Décembre de la deuxieme année après la bissextile, on a vu le méridien & mis l'aiguille du temps moyen de la Pendule (ou Montre) à 11 heures 57 minutes, 12 secondes, nombre que marque la Table ce jour, (*voyez Table III*). On observera le lendemain l'heure de l'Horloge avec le midi au Soleil : or si l'Horloge differe du midi au Soleil de la quantité juste qui est marquée par la Table le 19, c'est une preuve qu'elle est réglée. Dans notre exemple on trouve, que lorsqu'il est midi au Soleil le 19 Décembre, l'Horloge doit marquer 11 heures 57 minutes 42 secondes ; si elle marque juste cette heure, c'est une preuve qu'elle est réglée : si au contraire l'Horloge se trouvoit juste avec le Soleil, ce seroit une preuve

qu'elle auroit avancé, ainsi il faudroit baisser la lentille. Enfin, si l'Horloge marquoit moins de 11 heures 57 minutes 42 secondes, elle auroit retardé sur le temps moyen, il faudroit donc toucher à l'écrou à proportion de l'écart : on répétera ainsi cette opération jusqu'à ce que l'Horloge marque, à chaque jour qu'on la compare au midi du Soleil, les quantités indiquées par la Table (366).

377. On peut se dispenser de voir tous les jours le méridien, & en laisser écouler plusieurs, en se ressouvenant seulement du jour où la Pendule a été mise au Soleil, afin que si elle ne marque pas exactement l'heure indiquée par la Table, on touche à la lentille à proportion du nombre de jours écoulés, & de la quantité dont l'Horloge differe de la Table d'équation.

378. Lorsqu'une Pendule ou une Montre est ainsi réglée, on peut toujours savoir l'heure qu'il est au Soleil, au moyen de la Table d'équation ; car si, par exemple, on a une Pendule réglée sur le temps moyen, & que le premier Janvier 1786, on demande l'heure qu'il est au Soleil lorsque l'Horloge marque midi, on trouve dans la troisieme Table, pour le premier Janvier, que l'Horloge doit marquer 4 minutes 14 secondes, lorsqu'il est midi au Soleil ; le Soleil retarde donc de cette quantité ; ainsi lorsque l'Horloge marque midi, il est 11 heures 55 minutes 46 secondes au Soleil.

379. Si l'on cherche l'heure du Soleil à une autre heure que midi, il faut avoir égard à la quantité dont l'équation a changé depuis midi. Pour cet effet, il faut voir la colonne des différences dont on prendra une partie proportionnelle aux nombres d'heures donnés après midi. On demande, par exemple, le 10 Janvier 1786, l'heure qu'il est au Soleil, lorsqu'une Horloge réglée sur le temps moyen marque 3 heures ; on trouve dans la troisieme Table, que lorsqu'il est midi au Soleil, l'Horloge doit marquer 8 minutes 11 secondes, & on voit que la différence du 10 au 11 Janvier est croissante, & est de 24 secondes ; c'est donc 3 secondes pour 3 heures, qu'il faut ajouter à 8 minutes 11 secondes ; ce qui donne 8 minutes 14

fecondes dont le Soleil retarde fur l'Horloge à 3 heures après midi ; c'eft-à-dire, que lorfqu'il eft 3 heures à l'Horloge, il eft 2 heures 51 minutes 48 fecondes au Soleil. Si l'on demande l'heure du Soleil avant midi, il faut prendre l'équation du jour précédent, & y ajouter (ou fouftraire, felon que les différences font croiffantes ou décroiffantes) une partie de la différence, qui foit proportionnelle au nombre d'heures écoulées depuis midi précédent. On demande, par exemple, le 11 Août 1786, l'heure du Soleil, lorfqu'il eft 8 heures du matin à l'Horloge: on trouve dans la troifieme Table, que le 10 Août, lorfqu'il eft midi au Soleil, l'Horloge doit marquer 4 minutes 56 fecondes, & on voit que la différence du 10 au 11 eft décroiffante & de 10 fecondes ; on fera donc la proportion : comme 24 heures eft à 20 heures, ainfi 10 fecondes font à un quatrieme terme: on trouve 8 fecondes $\frac{1}{3}$ qu'il faut fouftraire de l'équation du 10 ; on a 4 minutes 47 fecondes $\frac{2}{3}$, c'eft-à-dire, que le 11 Août lorfque l'Horloge marque 8 heures du matin, il eft 7 heures 55 minutes 12 fecondes $\frac{1}{2}$ au Soleil.

380. Pour régler une Pendule à fecondes fur un cadran folaire ou fur une méridienne un peu éloignée de l'Horloge, on peut y rapporter le midi vrai indiqué par cette méridienne, à l'aide d'une Montre à fecondes, que l'on met d'accord avec la Pendule, & qu'on arrête à l'inftant de midi : alors la Montre indique quelle heure il étoit à la Pendule à cet inftant; ou bien ayant arrêté la Montre après avoir mis fes aiguilles fur le midi, on la laiffe aller à l'inftant du paffage du Soleil par le méridien, de forte qu'elle donne exactement l'heure du Soleil, qu'on peut comparer enfuite avec l'heure de la Pendule.

I. REMARQUE.

381. Si l'on n'étoit pas placé fous le méridien de Paris, la premiere colonne de la Table de l'équation de l'Horloge, ne donneroit pas les inftants précis du temps moyen au midi vrai, parce que ces temps font calculés pour le méridien de Paris ;

Paris; mais la colonne des différences feroit toujours exacte & d'un ufage sûr, & c'eft un avantage qu'elle a fur la premiere. Or, quoique dans la pratique de l'Horlogerie l'erreur qui réfulteroit de l'ufage de la premiere colonne, fans y faire de réductions, ne feroit gueres de conféquence; cependant, pour ne rien omettre là-deffus, nous dirons qu'on trouve la correction de la Table pour chaque jour, en faifant cette proportion: comme 24 heures font à l'accélération ou au retardement diurne de l'équation de l'Horloge, ainfi la différence des méridiens de Paris & du lieu donné, eft à la correction cherchée. Par exemple, on demande à quel inftant du midi moyen eft le midi vrai le 5 Janvier 1768 à Pékin; la différence des méridiens entre Paris & Pékin eft 7 heures 36 minutes à l'Orient, de forte que quand on compte midi à Pékin, il n'eft à Paris que 4 heures 24 minutes du matin: faifant donc 24 heures 0 minutes font à 27 fecondes, accélération du temps moyen du 4 au 5 Janvier, comme 7 heures 36 minutes font à 8 fecondes $\frac{1}{2}$ qu'il faut ôter de 0 ^{h}. 5 minutes 49 fecondes, équation de l'Horloge le 5 Janvier 1768 à Paris; & on l'a 0 ^{h}. 5 minutes 40 fecondes $\frac{1}{2}$, temps moyen au midi vrai de Pékin. Ainfi ce calcul eft la même chofe que celui de l'équation du temps pour une heure à Paris, différente de celle de midi (379).

II. REMARQUE.

382. Lorfque l'on doit élever ou abaiffer la lentille d'un Pendule à fecondes, pour le faire accélérer ou retarder, on peut compter fur à-peu-près autant de centiemes de lignes qu'il y a de fecondes par jour à la faire avancer ou retarder: comme, fi l'Horloge avançoit de 25 fecondes par jour fur le temps moyen, il faudroit baiffer la lentille de 25 centiemes de ligne, ce qui fait un quart de ligne, & ainfi à proportion. Si la lentille battoit les demi-fecondes, il ne faudroit compter que fur $\frac{1}{400}$ de ligne pour chaque feconde à corriger. Ainfi dans le cas de l'exemple précédent, il ne faudroit baiffer

la lentille que de $\frac{1}{16}$ de ligne pour la faire retarder de 25 secondes par jour. Cette regle n'est qu'à-peu-près exacte. Dans le Pendule simple à secondes, il faudroit compter sur $\frac{1}{96}$ de ligne par seconde ; mais comme les Pendules des Horloges sont toujours un peu plus longs que les Pendules simples, & que leur longueur dépend principalement de la pesanteur de la verge & de la grosseur de la lentille, on peut réduire la regle de $\frac{1}{96}$ de ligne à $\frac{1}{100}$, à cause de la commodité des nombres.

De la maniere de régler une Pendule astronomique par les Etoiles fixes.

383. Les méthodes que nous venons d'indiquer pour régler les Pendules & les Montres, sont suffisantes pour des machines ordinaires ; mais lorsqu'il est question de vérifier la justesse d'une Horloge astronomique ou d'observation, il faut recourir à la méthode la plus exacte, puisqu'alors il ne faut pas négliger une demi-seconde en 24 heures ; or le passage du Soleil par un cadran ou par un méridien ordinaire, ne peut pas donner une si grande justesse. La méthode la plus commode & la plus précise est celle où l'on emploie le passage des Etoiles fixes par le méridien, ou par un certain même point du ciel.

384. La révolution de la terre, par rapport aux Etoiles fixes, se fait d'un mouvement uniforme ; elle est constamment de 23 heures 56 minutes 4 secondes de temps moyen ; c'est-à-dire, de 3 minutes 56 secondes de moins que la révolution journaliere moyenne de la terre par rapport au Soleil. Si donc on observe un jour quelconque le passage d'une étoile fixe par le méridien, ou par un certain point quelconque dans le ciel, en marquant l'heure, la minute & la seconde qu'il est dans ce moment à l'Horloge que l'on veut régler ; si ensuite le lendemain au retour de l'étoile par le méridien, ou par le même point du ciel, on marque encore l'heure, la minute & la seconde qu'indique l'Horloge, on saura facilement si elle

eſt réglée ſur le temps moyen; car ſi elle marque 3 minutes 56 ſecondes de moins que la veille, c'eſt-à-dire, ſi ayant montré 10 heures juſtes, elle montroit le lendemain 9 heures 56 minutes 4 ſecondes, ce feroit une preuve que l'Horloge eſt parfaitement réglée ſur le temps moyen; ſi au contraire elle différoit de cette quantité en plus ou en moins, il faudroit tourner l'écrou de la lentille, en conſéquence de l'écart.

385. Si on laiſſe écouler pluſieurs jours ſans revoir l'étoile : pour ſavoir l'heure que devra marquer l'Horloge à l'inſtant de la ſeconde obſervation, il faudra ajouter autant de fois 3 minutes 56 ſecondes, qu'il s'eſt écoulé de jours, & l'on aura la quantité dont l'Horloge devra retarder ſur l'étoile fixe. Je ſuppoſe, par exemple, que lors de la premiere obſervation, l'Horloge marquoit 10 heures, & qu'il s'eſt écoulé quatre jours juſqu'à la ſeconde; on multipliera 3 minutes 56 ſecondes par 4, & on aura 15 minutes 44 ſecondes, dont l'étoile a avancé ſur le temps moyen: on ôtera donc de 10 heures que marquoit l'Horloge à la premiere obſervation 15 minutes 44 ſecondes dont l'étoile a avancé, & l'on aura 9 heures 44 minutes 16 ſecondes, qui ſera l'heure que devra marquer l'Horloge à l'inſtant du paſſage de l'étoile, le quatrieme jour après la premiere obſervation. Nous joignons ici une Table de l'accélération des étoiles fixes ſur le temps moyen depuis un jour juſqu'à 45; par-là on ſera diſpenſé de multiplier 3 minutes 56 ſecondes par le nombre de jours écoulés entre deux obſervations : car ſi on eſt 10 jours ſans voir l'étoile, la Table indique que l'étoile a avancé de 39 minutes 19 ſecondes ſur le moyen mouvement. *Voyez Table V.* Il faut obſerver que l'accélération des étoiles fixes n'eſt pas exactement de 3 minutes 56 ſecondes ſur le moyen mouvement; mais qu'elle eſt de 3 minutes 55 ſecondes 54 tierces; c'eſt-à-dire, que les étoiles accélerent 6 tierces de plus par jour que je ne l'ai ſuppoſé, (pour abréger); ſi donc on laiſſoit écouler pluſieurs jours entre les deux obſervations, il faudroit tenir compte de ces 6 tierces : c'eſt pour cette raiſon que l'on verra

dans la Table, qu'au bout de 10 jours l'étoile avance d'une seconde de plus qu'elle n'auroit fait, si sa révolution étoit de 3 minutes 56 secondes justes.

386. Pour trouver le temps du retour de l'étoile à un même point du ciel quelconque, il faut faire construire une lunette de 8, 12, 20 ou 30 pouces, &c. selon qu'on voudra avoir plus de précision, & que les lieux le permettront. Le tuyau en doit être de cuivre ou pour le moins de fer blanc soudé bien solidement; elle doit avoir deux verres convexes: l'un qui est l'*objectif*, doit être fixé au bout du tuyau d'une maniere la plus inébranlable qu'il est possible: l'autre, qui est l'*oculaire*, s'enchâsse dans un canon qu'on insere dans l'autre bout du tuyau, de sorte qu'on puisse le pousser ou le tirer pour l'ajuster à la vue de l'Observateur. Pour placer l'objectif comme il faut, si le tuyau est de tôle, ou de cuivre, ce qui est le mieux; ce verre doit être enfermé dans une virole goupillée au tuyau, & assujetti dans cette virole par trois vis qui le pressent sur ses rebords. Au foyer de cette lunette il doit y avoir un fil d'argent trait, tendu dans le sens d'un diametre, & une petite lame mince d'argent ou de laiton, dressée & tendue dans le sens d'un diametre perpendiculaire au fil d'argent, ce qui compose une croisée, qui peut être appliquée sur le bout d'un canon de cuivre, qui tiendra à frottement dans le tuyau de la lunette. Cette croisée doit être placée, de sorte qu'ayant fixé la lunette après avoir placé l'image d'un objet le plus éloigné qu'il est possible sur le fil d'argent, cet objet paroisse fixe sur le même endroit du fil, quelque mouvement que l'on donne à l'œil qui regarde dans la lunette; car si l'objet paroissoit avoir du mouvement à l'égard de ce fil, il faudroit pousser ou retirer le canon de la croisée jusqu'à ce que ce mouvement devienne absolument insensible.

387. Quoique cette lunette fasse voir les objets renversés, elle est préférable à toutes les autres pour les usages astronomiques, & pour régler les Pendules.

Pour la placer comme il faut relativement à ce dernier

usage, on choisira une étoile à une portée commode de la vue, n'importe dans quelle partie du ciel, qui soit visible peu de temps après le coucher du Soleil, & à laquelle la lunette étant dirigée, on puisse la fixer dans cette situation par le moyen de quelques tenons de fer ou de cuivre scellés dans un gros mur, & de quelques vis qui assujettiront la lunette dans des collets ou viroles fixées à ces tenons. Ayant disposé le tout pour arrêter la lunette, de sorte que l'on soit assuré que l'étoile traversera la croisée, & la lunette n'ayant plus d'autre mouvement que celui de pouvoir tourner dans les collets ou viroles, on attendra que l'étoile entre dans son champ; alors on tournera la lunette sur son axe, de sorte que la route de l'étoile qui la traverse soit parallele au fil d'argent, & qu'ainsi l'étoile vienne rencontrer la lame perpendiculairement, du moins à-peu-près. Lorsqu'on se sera assuré que la position actuelle de la lunette est telle que le fil d'argent est sensiblement parallele à la route de l'étoile, on la fixera par le moyen des vis, & l'on n'y touchera plus. Alors on aura un instrument propre à vérifier en tout temps la marche de l'Horloge, non-seulement par le moyen de l'étoile choisie, mais aussi par telle autre qui passera dans la même ouverture de lunette; car on en pourra remarquer un assez grand nombre en regardant de temps en temps dans cette lunette.

388. Si le plan du mur auquel on fixe la lunette, est à-peu-près tourné vers l'Orient ou le Couchant, la lunette sera dans le méridien ou à-peu-près; le fil d'argent se trouvera horizontal ou de niveau, & la lame verticale ou d'à-plomb: dans toute autre position le fil & la lame seront inclinés. La position dans le méridien a plusieurs avantages, mais elle n'est pas absolument nécessaire.

En préparant cet équipage il faut prendre garde de confondre une planete avec une étoile. La planete seroit propre à placer la croisée de la lunette comme il faut; mais non à régler l'Horloge; puisque ses retours au même point du ciel ne se font pas en temps égaux comme ceux des étoiles; mais lorsqu'une lunette est une fois placée, comme nous

l'avons dit, on ne peut manquer d'y rencontrer des étoiles à une heure commode pour l'obſervation. Si la Pendule qu'on veut vérifier n'eſt pas à la portée de la lunette fixe, pour avoir l'heure qu'il eſt à cette Pendule à l'inſtant du paſſage de l'étoile, par l'un ou l'autre bord de la lame qui eſt dans la lunette, il faut ſe ſervir d'une *Montre* à ſecondes, que l'on mettra bien juſte à l'heure de la Pendule ; on attendra enſuite l'inſtant du paſſage de l'étoile ; alors on arrêtera la Montre au moyen de la détente qu'on pratique à ces ſortes de Montres ; on remarquera l'heure, la minute & la ſeconde où elle eſt arrêtée, ce qui donne le moment du paſſage de l'étoile, & le lendemain on en fera autant : on jugera par ce moyen ſi la Pendule eſt réglée.

389. L'étoile qu'on a obſervée, avançant tous les jours de 3 minutes 56 ſecondes, ceſſera en peu de temps d'être apperçue à cauſe du jour, ou bien elle paſſera à une heure trop incommode. Alors on en choiſira quelqu'autre qui paſſe par la même ouverture de lunette : on ne manquera gueres d'en trouver ; quelque petite qu'elle ſoit, on pourra la voir ſe cacher derriere la lame ou ſortir de deſſous, pourvu qu'avant de mettre ſon œil dans la lunette, on l'ait tenu pendant quelques minutes dans l'obſcurité. Alors on verra cette lame tant que l'œil ne ſera pas ébloui par quelque lumiere étrangere.

390. Quoique la maniere de ſe ſervir d'une lunette fixe pour régler les Horloges par le paſſage des étoiles, à l'égard d'un des bords d'une lame placée au foyer de cette lunette, ſoit la plus sûre & la plus exacte, on peut cependant éviter le travail de placer la croiſée, & même ſe paſſer abſolument de cette croiſée, en fixant au hazard une lunette à deux verres convexes à un plan inébranlable quelconque. Car alors on pourra déterminer le temps des révolutions diurnes des étoiles, ou celui de leur retour à un même point fixe, par l'inſtant où celles qu'on aura remarquées dans le champ de la lunette en ſortiront & diſparoîtront ſur le bord de ſon champ. Enfin, ſi l'on a quelque pointe de clocher, quelque tour ou bâtiment fort élevé & en même temps aſſez éloigné, comme

de 12 à 1500 pas, on pourra obſerver les retours des inſtants auxquels quelque étoile ſe cachera derriere ces objets, en regardant par un même petit trou ou pinnulle fixée à un gros mur, ou, pour le mieux, en obſervant ces inſtants avec une lorgnette ou courte lunette, toujours placée exactement au même endroit.

391. Pour juger de la marche de mes Horloges aſtronomiques, j'ai placé dans le plan du méridien un inſtrument des paſſages dont la lunette a quatre pieds de foyer : je réſerve pour un autre temps à rendre compte des obſervations que j'ai faites avec cet inſtrument, & de la juſteſſe à laquelle je ſuis parvenu avec mes Horloges : les continuels changements que j'ai faits juſqu'ici dans leurs conſtructions, les expériences, &c. que nous rapporterons dans la ſeconde Partie, & mes autres occupations ne m'ont pas laiſſé le temps de ſuivre ces obſervations.

392. Pour faciliter les obſervations, j'ai ajouté à mes Horloges aſtronomiques, (*voyez ſeconde Partie*), une ſonnerie particuliere qui ſert à frapper toutes les ſecondes pendant qu'on obſerve le paſſage du Soleil, ou d'un Aſtre quelconque, par le méridien ou par les fils placés au foyer d'une lunette, ou en général pendant qu'on obſerve un phénomene quelconque.

393. Pour faire uſage de cette ſonnerie, il faut premiérement remonter le petit poids qui la fait aller pendant quelques minutes. Pour cet effet on fera deſcendre un anneau qui eſt ſuſpendu au cordon de ce poids, juſqu'à ce qu'on ſente une réſiſtance qui arrête la main; & lorſque l'on ſera prêt à faire l'obſervation, on tirera un cordon placé exprès de l'autre côté de l'Horloge, ce qui fera marcher la ſonnerie; enſuite remarquant la ſeconde indiquée par l'aiguille, on comptera les ſuivantes à meſure que la ſonnerie les frappera; & ayant l'œil dans la lunette & l'oreille à la Pendule, il ſera aiſé de remarquer la ſeconde préciſe de ſon obſervation. Auſſi-tôt on ira voir à la Pendule l'heure & la minute. Je ſuppoſe, par exemple, que l'on a une bonne méridienne, (ou ce qui

vaut mieux, un inftrument des paffages), & qu'on veut favoir l'heure de l'Horloge à l'inftant du paffage du Soleil par cette ligne ; on commencera par remonter le poids de la fonnerie ; & dès que l'on verra que l'ombre du *ftyle* approche de la méridienne, on tirera le fecond cordon pour faire fonner les fecondes. Suppofons que dans ce moment l'Horloge marque 11 heures 58 minutes 32 fecondes, alors on comptera 33, 34, 35, &c. à mefure que les fecondes fonneront ; quand on fera venu à 59, on dira, 0, 1, 2, 3, &c. en continuant de compter jufqu'à l'inftant du paffage.

394. On peut employer une autre méthode pour marquer les heures, minutes & fecondes, en obfervant le temps du paffage d'un Aftre ; c'eft d'attendre, fans compter, l'inftant où ce phénomene arrive ; à cet inftant compter zéro, puis 1, 2, 3, 4, &c. felon les coups de la fonnerie, en allant voir à l'Horloge le temps qu'elle indique. Si elle marque, par exemple, 5 heures 23 minutes 17 fecondes, au moment qu'on compte 30 fecondes depuis l'arrivée du phénomene, on retranchera 30 fecondes de 5 heures 23 minutes 17 fecondes, & on aura 5 heures 22 minutes 47 fecondes pour l'inftant de l'obfervation.

CHAPITRE XXI.

Defcription de l'Echappement à repos en Pendule.

395. NOUS traiterons dans la feconde Partie de cet Ouvrage, de la caufe de la régularité des machines qui mefurent le temps ; des effets & des propriétés des régulateurs ; des échappements, &c. Nous nous difpenferons donc d'entrer ici dans les détails fur la nature & les propriétés des échappements dont on fe fert : nous nous bornerons pour le préfent à les décrire.

De

De l'Echappement à Repos pour les Pendules.

PLANCHE XV, *Figure* 10.

A eſt la roue d'échappement; *B*, l'ancre d'échappement, dont le centre de mouvement eſt en *a*: ſes palettes 4 *D*, 2 *C* ſont formées par des arcs de cercle 4, 6; 3 *D*; 2, 5; 1 *C*, qui ont leur centre commun en *a*; & par les plans inclinés 4, 3; 2, 1.

EFFET.

396. Le Pendule mis en mouvement entraîne l'ancre au moyen de la fourchette. Pour lors la dent 3 de la roue *A*, qui tend à tourner par l'action du moteur, agit ſur le plan incliné 3, 4; ce qui communique à l'ancre, & par conſéquent au Pendule, un mouvement qui ſert à réparer ce que le frottement & la réſiſtance de l'air en détruiſent dans le régulateur. A meſure que ce plan incliné 3, 4 s'écarte de la roue *A*, l'autre plan incliné 2, 1 entre dans l'intervalle des dents 1, 7, tellement qu'à l'inſtant que la dent 3 s'échappe de l'angle du plan incliné 4, 3, l'extrémité 2 de l'arc 2, 5 va ſe préſenter ſous la dent 7; en ſorte que pendant tout le temps que cet arc ſe trouve dans l'intervalle des dents 1, 7, en gliſſant ſous la dent 7, la roue *A* reſte immobile, parce que l'arc 2, 5 ſur lequel la pointe de la dent vient appuyer, eſt une portion de cercle dont le centre eſt en *a*; mais auſſi-tôt que, par le retour du Pendule, l'arc 2, 5 ſort de deſſous la dent 7, cette dent, animée par la force du moteur, agit ſur le plan incliné 2, 1, & l'écarte juſqu'à ce qu'elle s'en échappe, & que l'arc 3 *D* aille gliſſer ſous la dent oppoſée; ce qui produira le même effet que nous avons expliqué. C'eſt de cette propriété de rendre immobile la roue, après qu'elle a donné ſon impulſion, qu'on a appellé cet échappement, l'*Echappement à Repos*. La conſtruction de cet échappement eſt facile, comme nous allons le faire voir.

397. La diſtance du centre *a* de l'ancre d'échappement

au centre *A* de la roue, dépend de l'arc que l'on veut que le Pendule parcoure. S'il en doit décrire de grands, comme de 10 degrés, il faut alors que le centre *a* soit placé quelque part en *B* près de la roue, (*fig.* 8).

398. Si au contraire, il doit décrire des arcs d'un degré, par exemple, il faut placer le centre en *a* (*fig.* 10) à la distance d'un diametre $\frac{1}{2}$ de la roue *A*; ayant attention que dans l'un ou l'autre cas l'ouverture de compas, qui sert à tracer les repos, soit telle, qu'en tirant de ce point 5 (*fig.* 8) une ligne qui passe par le centre *B* de l'ancre, & abaissant de l'extrémité 5 une ligne 5 *A* qui passe par le centre de la roue, il faut que cette ligne 5 *A* soit perpendiculaire à 5 *B*: (331). Ainsi, si l'on place le centre du rochet en *g*, les palettes ou plans de l'ancre devront agir sur la roue aux points *e*, *f*; cela entendu, on tracera des portions de cercles 1 *C*, 3 *D*, (*fig.* 10), de la même ouverture de compas *a*, *C*; & de même pour 2, 5; 6, 4 ayant attention que l'intervalle ou épaisseur *C*, 5; 6 *D*, entre ces portions, soit un peu moindre que la moitié de l'intervalle des dents de la roue.

Maintenant, pour déterminer l'inclinaison des plans, on tirera du centre *a* les droites *af*, *ag* qui fassent un angle *fag* égal à celui qu'on veut que le Pendule parcoure; par les points 2, 1, où ces droites couperont les arcs 2, 5, 1 *C*, on tirera la droite 2, 1 qui déterminera le plan incliné 2, 1: on fera une pareille opération pour l'autre côté. Il y a bien d'autres moyens de pratique qui sont faciles à mettre en usage, mais difficiles à faire entendre.

Remarque sur les Echappements.

399. On distingue deux choses dans l'étendue de l'arc, décrit par le Pendule ou par le balancier: la premiere est ce qu'on appelle l'*Arc de levée de l'Echappement*. C'est la quantité absolue que les dents de la roue d'un échappement quelconque peuvent faire décrire à l'ancre, pour ne faire qu'échapper des extrémités 1 & 4 des palettes, (*Pl. XV*, *fig.* 10): ainsi

l'arc *f g*, ou ſon ſemblable *h b*, eſt l'arc total de levée de l'échappement repréſenté dans la (*fig.* 10) : cet arc s'appelle auſſi l'*Arc conſtant*, parce qu'il eſt toujours le même. La grandeur de cet arc dépend donc de la diſpoſition de l'échappement, c'eſt-à-dire, du plus ou moins d'inclinaiſon des plans 1, 2; 3, 4, & de la diſtance des centres *a* & *A* de l'ancre & de la roue (397).

400. La ſeconde eſt ce qu'on appelle l'*Arc de vibration*; c'eſt l'arc total décrit par le Pendule ou par le Balancier, animé par la force motrice; d'où on voit que l'étendue des arcs de vibration eſt variable & dépend du plus ou moins de force du moteur; car plus l'impulſion des dents de la roue ſur les plans 1, 2; 3, 4 ſera grande, & plus ils s'écarteront & pénétreront alternativement dans les dents de la roue, & décriront de plus grands arcs au-deſſus de ceux de levée; & jusques-là que la force motrice étant trop grande, les palettes 1 *C*, 4 *D* iroient arcbouter contre le fond des dents de la roue *A*, ce qui borneroit l'étendue des vibrations; mais dans ce cas elles ne feroient plus iſochrones, elles deviendroient fort accélérées par ce choc. C'eſt pour faciliter l'étendue des grands arcs néceſſaires dans les Montres, que M. Graham imagina l'échappement à cylindre que nous allons décrire dans le Chapitre ſuivant.

CHAPITRE XXIII.

Deſcription de l'Echappement à Cylindre.

401. L'ÉCHAPPEMENT à repos pour les Pendules une fois entendu, on concevra aiſément l'*Echappement à cylindre*, lequel ne differe du premier que par ſa forme; ſon principe, je veux dire, le repos de la roue après l'impulſion, étant le même.

PLANCHE XV, *Figure* 1.

402. Les plans inclinés dans l'échappement des Montres, ſont portés par la roue d'échappement *A*; on l'a conſtruite de cette maniere pour faciliter l'étendue des vibrations du balancier, qui, par ce moyen, peut parcourir près de 360 degrés, c'eſt-à-dire, un tour entier. Pour cet effet, le diametre de la partie creuſée du cylindre *B* eſt égal à la longueur *e d* d'une dent *A* (*fig.* 7), de ſorte que le cylindre peut tourner tout autour de cette dent.

403. Le plan incliné de la dent agit alternativement ſur les épaiſſeurs ou *tranches* du cylindre, & le fait tourner de côté ou d'autre, ſelon qu'il agit ſur l'une ou ſur l'autre tranche, &c.

404. La tranche ou bord *c* (*fig.* 1) du cylindre eſt arrondie, ce qui adoucit le frottement qui ſe fait par les traînées du plan de la roue.

405. L'autre tranche *d* eſt inclinée, comme on le voit, en *c*, *d* (*fig.* 7); *c*, *d*, *e*, *f*, repréſentant la coupe du cylindre: c'eſt cette tranche *d* (*fig.* 1), que la dent écarte lorſqu'elle s'éloigne du cylindre. L'entaille *e* du cylindre (*fig.* 3) eſt faite pour faciliter l'étendue des arcs de l'échappement; ſans cette précaution elle toucheroit à la partie *e* de la dent (*fig.* 1).

406. La ſeconde figure repréſente la roue d'échappement vue de profil. Le cylindre *B* (*fig.* 1) porte en *C* un index qui marque, ſur une plaque *D* diviſée en degré, les arcs que l'échappement fait parcourir : ces deux pieces ne font pas partie de l'échappement, elles ſervent (pendant qu'on le conſtruit) à meſurer l'étendue des arcs de levées, & à eſtimer le point où on doit borner (par une cheville miſe au balancier) les arcs de vibrations, pour éviter le renverſement. Cet index porté par le cylindre, & le cercle gradué, ſervent encore à former les courbures des plans inclinés des dents, pour que la roue mene le cylindre par un mouvement uniforme.

407. La quatrieme figure repréſente le cylindre tel qu'on le fait avant de le monter. La figure 5 repréſente le *bouchon* du cylindre; c'eſt une piece de cuivre, tournée de maniere que la partie *f* entre juſte & à force en *f* (*fig.* 4) dans l'intérieur du cylindre: ce bouchon porte à ſon centre une tige d'acier *h*, qui ſert à former le pivot; *n* eſt l'endroit où ſe rive le balancier. La figure 6 repréſente le *bouchon* inférieur du cylindre, il doit entrer dans l'intérieur du cylindre de la même maniere que celui qui porte le balancier: il porte auſſi un axe d'acier trempé pour y former le pivot.

408. La troiſieme figure repréſente le cylindre tout monté à l'exception du balancier.

409. On doit fendre la roue ſur un nombre double de celui des dents que l'on veut employer: ainſi lorſque la roue devra avoir 15 dents, il faudra la fendre avec une *fraiſe* mince ſur le nombre 30: on emportera 15 dents, qui laiſſeront des intervalles entre chacune des 15 reſtantes, dans leſquels le diametre extérieur du cylindre ſe logera, comme on le voit en *A* (*fig.* 7).

410. Le diametre intérieur du cylindre doit être, comme nous l'avons dit, de la longueur d'une dent finie.

411. Le diametre extérieur du cylindre a pour meſure l'intervalle des dents; or cet intervalle comprend l'eſpace d'une dent retranchée, plus deux fois l'épaiſſeur de la fraiſe dont on s'eſt ſervi pour fendre la roue; c'eſt-à-dire, que l'épaiſſeur de la fraiſe détermine celle du cylindre. La quantité de levée de cet échappement dépend de la hauteur du plan incliné des dents; & cette hauteur détermine la quantité dont il faut entailler le cylindre.

412. La poſition du cylindre, par rapport à la roue, doit être telle que lorſque la dent eſt dans l'intérieur du cylindre, comme elle l'eſt en *A* (*fig.* 7), elle doit former le diametre du cylindre, c'eſt-à-dire, que le centre *A* du cylindre doit diviſer en deux également le côté *de* du plan incliné. De cette maniere, 1°. la levée de l'échappement ſe fera en agiſſant à-peu-près uniformément; car (*fig.* 7) le point de contact du plan

incliné des dents sur le cylindre le plus favorable au mouvement, est celui *a* dont la direction passe par le centre *A* du cylindre. Or, par la construction, le point de contact *f* du commencement de la levée agit autant (ou à-peu-près) en dedans de la ligne *a A*, que celui *e* de la fin de la levée agit en dehors: ainsi la force se décompose sensiblement de même avant & après la ligne *a A*, que j'appelle *ligne des Centres*, d'où suit l'uniformité; 2°. il n'y aura pas de force perdue par les chûtes.

REMARQUE.

413. Il est nécessaire, comme nous l'avons dit, que la force motrice soit capable de mettre à chaque instant le balancier en mouvement (153): or dans une Montre à cylindre, pendant que la roue agit sur le repos, elle ne peut pas donner de mouvement; il faut donc que le spiral ramene à chaque vibration le balancier, de maniere que le cylindre étant arrêté & tenu au repos par le spiral, il présente une tranche sur laquelle le bout du plan incliné de la dent *f a* (*fig.* 7) puisse agir pour rendre le mouvement au balancier.

414. La position du cylindre & la hauteur du plan incliné déterminent combien le cylindre doit être entaillé: car, 1°. (*fig.* 7) si la hauteur *f e* du plan incliné est de la douzieme partie de la circonférence du cylindre, c'est-à-dire, qu'elle réponde à une étendue de 30 degrés du cylindre, le plan incliné *d e* aura fait parcourir 30 degrés au cylindre, lorsque la roue aura avancé de *f* en *d*: & 2°. si l'on suppose que le cylindre *A* est entaillé par son centre, on voit qu'immédiatement après que le plan incliné *f a* aura agi sur la tranche *f*, le spiral ramenera le cylindre en sens contraire au même point *f* dont il étoit parti: ainsi le plan incliné *d e* passeroit de *e* en *g* sans avoir agi sur le cylindre; ainsi chaque dent n'agiroit que sur une tranche: d'où l'on voit qu'on parera cet obstacle en ajoutant à la demi-circonférence *d e* du cylindre la quantité *e f*, ou son égale *c h*, égale à la hauteur des plans inclinés; chaque dent agira successivement sur les tranches du cylindre

avec une levée de 30 degrés, hauteur ſuppoſée du plan incliné ; & le ſpiral étant en repos préſentera une des tranches du cylindre pour la mettre en priſe avec les dents de la roue : ainſi dans la poſition que nous avons déterminée au cylindre (412) il faudra qu'il ſoit entaillé de la moitié de ſa circonférence moins la hauteur du plan incliné *ef* des dents de la roue.

La figure 7 repréſente les différents inſtants d'action de la roue ſur le cylindre.

CHAPITRE XXIII.

Des Echappements à Recul.

415. On a vu que dans l'échappement à repos (396), l'ancre porte des portions de cercles qui laiſſent achever les vibrations du régulateur, tandis que la roue d'échappement reſte immobile ; ceux à recul different de ceux-là, en ce que la roue d'échappement eſt dans un mouvement continu, & que lorſqu'elle a rendu au régulateur l'impulſion qui en entretient le mouvement, celui-ci continuant encore à ſe mouvoir après l'arc de levée, la dent de la roue eſt en action ſur un plan incliné qui fait rétrograder la roue. Le Pendule (ou le balancier, ſi c'eſt une Montre) ramenant enſuite la palette, la roue reſtitue de nouveau au régulateur la force perdue ; la dent échappe, & l'autre palette eſt engagée dans les dents de la roue ; le Pendule continue à ſe mouvoir du même côté ; la palette fait rétrograder la roue, comme l'autre a fait, & ainſi de ſuite : voilà en général la nature de ces échappements ; je ne m'arrêterai pas à décrire toutes les ſortes d'échappements à recul ; je ne parlerai que de celui à *Roue de rencontre*, de celui à *Ancre*, & de celui à *double Levier*.

De l'Echappement à Roue de rencontre.

416. Il paroît que l'échappement à roue de rencontre eſt le premier que l'on ait imaginé pour modérer & régler la vîteſſe d'un rouage mis en mouvement par l'action d'un moteur quelconque, au moins n'en connoît-on pas de plus ancien; & il y a grande apparence que ce ſera auſſi celui qui ſera toujours le plus ſuivi (pour les Montres). Cet échappement eſt applicable aux Pendules & aux Montres; avec cette différence que lorſqu'on l'emploie aux Pendules, comme il ne doit pas faire décrire de grands arcs, on tient les palettes beaucoup plus longues, & elles forment entr'elles un petit angle, au lieu que dans les Montres, pour faciliter l'étendue néceſſaire des vibrations, on tient les palettes très-étroites, & on fait leur ouverture de plus de 90 degrés.

417. La roue *R* & les palettes *P* (*Pl. VI, fig.* 4) ſont les pieces de l'échappement à roue de rencontre; cette roue eſt creuſée de maniere que les dents ſont faites ſur une partie de cylindre parallele à la tige du pignon *e* (*fig.* 5), ce qui forme une eſpece de couronne. Le corps des palettes, ou de la verge 1, 2 paſſe deſſus la pointe du pivot de la roue, & cette verge ou tige eſt perpendiculaire à la tige ou axe du pignon; enfin ces palettes *p*, *t* ont toutes deux la même largeur : ſi donc on fait tourner la roue en ſorte que les dents diamétralement oppoſées agiſſent alternativement ſur les palettes, il eſt évident que cela fera mouvoir le balancier *B* de côté & d'autre, & lui fera faire des vibrations, & chaque palette fera parcourir au balancier des arcs de levée qui ſeront égaux : voilà l'effet de cet échappement. Il eſt à propos de parler de ſa conſtruction, & de quelques précautions qu'il exige.

418. Dans l'échappement dont il eſt ici queſtion, appliqué aux Montres, on a cherché quel étoit l'angle d'ouverture des palettes, qui étoit le plus propre à faire décrire des grands arcs : on a trouvé qu'il devoit être de 90 ou 95 degrés, (& même de 100 degrés, lorſqu'on veut faciliter l'étendue des vibrations

vibrations du balancier). Ceux qui ont examiné la nature de cet échappement, ont remarqué que plus les dents de la roue approcheroient du centre des palettes, & plus aussi elles feroient décrire de grands arcs au balancier; en conséquence on diminue le corps de la verge ou palette le plus qu'il est possible, pour cependant lui conserver une certaine solidité, & on fait approcher les dents de la roue fort près des corps des palettes: or ces deux choses données, savoir l'ouverture des palettes & la position de la roue, déterminent la longueur des palettes, qu'on étrécit jusqu'à ce que les dents puissent échapper après avoir produit la levée; ainsi la largeur des palettes dépend alors de la distance des dents de la roue.

419. Pour éviter la chûte qu'il y auroit du passage d'une dent qui quitte l'extrémité d'une palette, tandis qu'une dent opposée tombe sur l'autre palette, pour, dis-je, éviter que la roue ne parcoure un espace sans agir sur les palettes; on n'entaille pas tout-à-fait ces palettes jusqu'au centre de la verge.

420. Le devant des dents de la roue de rencontre doit être incliné de maniere à former un angle d'environ 15 à 20 degrés avec l'axe du pignon, comme on le voit (*fig.* 5); ce qui facilite le mouvement de la palette, afin que ce soit toujours la pointe de la dent qui porte sur la palette, & que l'extrémité des palettes ne puisse toucher sur le devant de ces dents, & faire par ce moyen beaucoup rétrograder la roue.

421. Dans l'échappement à roue de rencontre, on ne peut pas mettre indifféremment le nombre de dents qu'on veut, comme dans toutes les autres roues d'échappement; ce nombre doit toujours être impair, comme 13, 15, 17, &c. sans quoi on seroit obligé de faire passer la verge à côté du pivot de la roue de rencontre, & dans ce cas la roue n'agiroit pas avec autant d'avantage sur les palettes, que lorsqu'elles passent par le centre.

422. Cet échappement, comme on le fait pour l'ordinaire, est le plus simple & le plus facile; mais lorsqu'on veut y donner les soins qu'il exige, il devient très-difficile, & peu

d'ouvriers ſont en état de le faire. Il faut une préciſion extrême pour l'ouverture des palettes, pour la groſſeur du corps, pour la quantité dont il faut entailler les palettes, pour la juſteſſe de la roue, pour la préciſion des chûtes, & pour réduire à rien le mouvement rétrograde que cet échappement donne à la roue ; mouvement qui tend à détruire les trous des pivots, & par conſéquent à changer les arcs de levée. D'ailleurs ſi le recul ne ſe fait pas lorſque la dent de la roue agit près du centre, la vibration du balancier ne s'achevera pas librement, & l'action continue de la roue interrompra la juſteſſe des vibrations, laquelle dépendra davantage de l'égalité de la force motrice. Il ne s'enſuit pas de ce que je viens de dire de cet échappement, qu'il ne ſoit très-bon ; mais il eſt à propos de faire ſentir les difficultés qu'il entraîne, s'il n'eſt pas bien fait & bien entendu.

CHAPITRE XXIV.

De l'Echappement à double Levier & à Ancre.

423. LES figures 5 & 6 de la (*Pl. III*) repréſentent l'échappement qu'on appelle *à double Levier*, il eſt formé par deux palettes ou leviers *b*, *c* d'égale longueur, & poſées à égales diſtances du centre de la roue *R*. Ces deux leviers ſe meuvent alternativement au moyen d'un rouleau *r* qui eſt dans une petite cage *de* (*fig. 6*), & d'une fourchette *f*; ce rouleau & la fourchette tenant lieu d'un engrenage, qu'on a évité à cauſe du frottement qui en réſulteroit.

424. La diſtance des palettes de *b* en *c* eſt réglée par la diſtance des dents de la roue.

425. Une de ces pieces ou leviers étant, par exemple, poſée ſur le rayon prolongé *n*, qui paſſe par la pointe d'une dent, l'autre palette doit être poſée ſur le rayon *m* qui paſſe

entre deux dents, dont il divise l'intervalle; le nombre de dents qu'il y a entre ces deux rayons est arbitraire, pourvu qu'il y ait toujours un nombre de dents & une demie : (on met indifféremment 3 dents $\frac{1}{2}$, ou 4 $\frac{1}{2}$, ou 5 $\frac{1}{2}$).

Les pivots des palettes doivent être posés dans un arc de cercle *AB* concentrique à la roue *R*. (On emploie rarement cet échappement, & il n'est d'usage qu'en Pendules). Il est à recul comme l'échappement à roue de rencontre; il a à-peu-près les mêmes propriétés, & quelque défaut de plus.

426. La grandeur des arcs, que cet échappement fait parcourir au Pendule, dépend de la longueur des palettes, & de la maniere dont elles sont inclinées sur la roue, lorsque celle-ci les fait mouvoir: on voit que plus les palettes seront longues & placées loin du centre de la roue, & moins les arcs de levée seront grands. Il est encore fort aisé de voir, que plus ces leviers ou palettes agiront près de la ligne qui joint les deux centres, en commençant avant & finissant après, & plus aussi les arcs de levée seront grands; car dans ce cas tout le mouvement imprimé par la roue, tendra à faire tourner les palettes différentes en cela du cas où elle agit sur un levier incliné, dont la force se décompose..

De l'Echappement à Ancre.

427. La Planche V, fig. 1ere, fait voir l'échappement qu'on appelle *à Ancre*, appliqué à un mouvement de répétition en Pendule. La roue d'échappement *F*, ou rochet a des dents, dont la forme est pareille à celles des roues d'échappement à repos en Pendules, & de celui à double levier, avec cette différence, que dans ceux-ci c'est le devant de la dent qui agit, & que dans l'autre c'est la partie courbe de la dent. Lorsque la dent du rochet *F* agit sur la partie ou levier droit de l'ancre *A*, elle fait parcourir un espace à ce levier, qui devient d'autant plus grand que ce levier est court, & que la ligne s'éloigne du centre de l'ancre; de même la dent du rochet qui agit sur la partie courbe de l'ancre; fera parcourir

un efpace d'autant plus grand que cette courbe ou plan incliné fera dirigé au centre de la roue, & que cette courbe fera près du centre du rochet; or cette levée de l'une & l'autre partie, dépend de la grandeur de l'arc qu'on veut que le Pendule décrive: fuppofant qu'il doit être de 10 degrés ou de 8 arcs de levée, il faut que chacune des parties de l'ancre faffe décrire le même arc, fans quoi cet ancre feroit mal fait, tout échappement devant agir, de chaque côté, avec une égale puiffance fur le régulateur, & lui faire parcourir des arcs égaux à chaque vibration; l'échappement à ancre eft furtout affez difficile à conftruire pour qu'il ait ces conditions; car la force qui agit fur la courbe fe décompofe en deux: une partie tend à preffer contre le centre de l'ancre, ce qui ne donne pas de mouvement, & l'autre tend à mouvoir. Voici donc à-peu-près comme il faut les conftruire, pour remédier à ces obftacles & le faire agir avec égalité de force, il faut d'abord placer le centre de l'ancre le plus près poffible des dents du rochet, en forte qu'il ne refte fimplement que la force qu'il faut pour le trou quarré, dont l'ancre eft percé & dans lequel la tige entre à frottement; il faut que la coupe du levier droit de l'ancre foit dirigée à fon centre, ou un peu en dehors, donner une dent & demie du rochet pour la longueur de ce levier prife du centre de l'ancre; & pour l'autre côté, on entaillera deux dents, depuis le centre de l'ancre jufqu'au point où commence la courbe, qui fera faite à-peu-près comme on le voit dans la figure; enfuite par le moyen d'une vis qui porte un trou excentrique, pour éloigner ou approcher l'ancre de la roue, on verra fi chaque côté fait décrire des arcs femblables à la fourchette *f*, & on inclinera ainfi cette courbe jufqu'à ce qu'elle faffe décrire le même arc: voilà pour l'égalité de levée. Quant à la quantité, j'ai dit qu'elle dépendoit de la longueur des bras & de l'inclinaifon des plans & de la courbe. Au refte nous renvoyons à notre feconde Partie, pour ce qui concerne les propriétés des échappements, & on y trouvera des regles particulieres pour conftruire celui à ancre, de maniere à corriger les inégalités du moteur.

CHAPITRE XXV.

Description de la Machine à fendre les dents des Roues de Montres & de Pendules.

428. LA machine à fendre est un instrument à l'aide duquel on divise & fend les dents des roues de Montres & de Pendules, &c. en des nombres de dents dont il est besoin pour les machines auxquelles on emploie ces roues.

429. Cette machine est d'une si grande utilité, sa justesse est si essentielle pour les machines qui mesurent le temps, & elle est si ingénieusement imaginée, que je n'ai pu me dispenser d'en donner le plan & d'en faire une légere description : l'une & l'autre pouvant servir à satisfaire les Amateurs de Méchanique, & à instruire les Ouvriers en leur présentant la meilleure construction de machine à fendre qui ait été faite jusqu'à présent.

430. Il ne faut d'abord considérer dans cette machine, pour mieux en saisir l'usage & la disposition, que la *Plate-forme* ou *Diviseur* P (*Planche XVI*, *fig.* 1), la lime qui doit fendre les dents, & l'*alidade* qui regle & fixe le chemin du diviseur.

431. La plate-forme ou diviseur est une grande plaque ronde, sur laquelle sont tracés plusieurs traits concentriques qui sont divisés en des nombres différents, les plus en usage dans les Montres ou Pendules; chaque division est marquée par un point profond, capable, en y faisant entrer une pointe *p* de l'*alidade S*, *o*, (c'est ainsi qu'on nomme cette piece) de fixer la plate-forme, & de l'empêcher de tourner : or si on fixe concentriquement à la plate-forme un roue *R*, & qu'on pose la pointe *p* de l'alidade alternativement sur tous les points de

divifion d'un cercle, & qu'à chaque point on faffe une fente à la roue, on aura une roue qui aura autant de dents que le cercle de divifion a de points; foit, par exemple, la roue *R* qu'on veut fendre en 60 parties ou dents, après l'avoir fixée fur l'axe de la plate-forme au moyen d'un *taffeau e u*, à-peu-près femblable à celui *fm* (*fig.* 2) on fera entrer la pointe *p* de l'alidade dans un des trous de divifion du cercle de 60 parties, & on fera une fente à la roue en faifant tourner la lime circulaire *d* par le moyen de la manivelle *m*; on levera enfuite la pointe *p* qui rendoit la plate-forme immobile; on tournera celle-ci jufqu'au point fuivant de la divifion, & on y laiffera pofer la pointe *p*; on fera une feconde fente à la roue, & ainfi de fuite jufqu'à ce que le divifeur ait achevé la révolution; on aura donc une roue fendue en autant de dents, comme le cercle fur lequel on a pofé l'alidade a de points de divifion. Voyons maintenant la difpofition de chaque partie de cette machine.

432. La plate-forme *PP* (*fig.* 1) eft fixée fur l'axe ou arbre *OF* qui tourne librement dans le chaffis *ABCDE:* cet axe eft percé dans fa longueur de maniere à y laiffer entrer jufte un des taffeaux (*fig.* 2 & 3) qu'on fixe dans l'axe *OF* de la plate-forme par le moyen d'une clavette *c* (*fig.* 1) laquelle traverfe l'arbre *O*, & entre dans les ouvertures *f* de taffeaux (*fig.* 2 & 3); on preffe cette clavette avec l'écrou *x* qui entre à vis fur le corps de l'arbre *O*, de maniere que cette clavette fait porter le cône *n* des taffeaux (*fig.* 2 & 3) fur un petit cône femblable qui termine le bout fupérieur *F* de l'arbre *OF*; par ce moyen les taffeaux font fixés folidement, & fe trouvent parfaitement concentriques avec l'axe *O* & la plate-forme *P*.

433. Ces taffeaux fervent à fixer les roues avec la plate-forme; on fixe différemment les roues avec ces taffeaux, felon que ces roues font grandes: par exemple, le taffeau actuellement fur la plate-forme ou machine à fendre (*fig.* 1), porte un bout prolongé fait à vis, fur lequel entre l'écrou *e* & la virole *u*; ce taffeau porte une bafe un peu moins large que

la roue *R*; celle-ci eſt preſſée contre le taſſeau par l'écrou *e*, en ſorte que la roue *R* eſt fixée avec le taſſeau; c'eſt de cette eſpece de taſſeau dont on ſe ſert pour les roues de Pendules.

434. Pour les roues des Montres on emploie un autre taſſeau, c'eſt celui de la (*fig.* 2): on le fixe d'abord ſur l'axe *O*. Sur ſon pivot *m* on fait entrer juſte la roue qu'on veut fendre & qui doit poſer ſur l'aſſiette *a*; on applique enſuite la baſe du petit cône *c* (*fig.* 4) ſur la roue, & on fait avancer le levier *L l* (*fig.* 1) juſqu'à ce que ſa pointe *l* poſe ſur le trou *c* qui termine le ſommet du cône, faiſant enfin deſcendre la vis *G* (*fig.* 1), en ſorte qu'elle appuie fortement ſur le levier *L l*, qui preſſe par ce moyen la roue contre le taſſeau, & les fixe enſemble.

435. Le taſſeau *P* (*fig.* 3) ſert pour fendre les roues qui ſont fixes ſur leurs axes, en ſorte que ce taſſeau eſt percé pour y laiſſer entrer les tiges des roues qu'on veut fendre. En général on ne fend de roues fixes ſur leurs axes que celles d'échappement, comme roues de rencontres & rochets d'échappement à ancre, &c. on appelle cela *fendre des Roues arbrées*. On fixe ces roues ſur le taſſeau (*fig.* 3) au moyen d'une plaque *p* & de 4 vis, leſquelles preſſent la roue ſur l'aſſiette *P* du taſſeau; on ne fixe entiérement la roue ſur ce taſſeau que lorſqu'on s'eſt aſſuré qu'elle tourne parfaitement rond avec le taſſeau de la plate-forme; pour cet effet on fait tourner la plate-forme & par conſéquent la roue, & on voit ſi elle eſt au centre en préſentant une pointe ſur la roue, & on la mene de côté ou d'autre juſqu'à ce qu'elle tourne rond; pour lors on le fixe au moyen des vis. Nous expliquerons ci-après comment nous ſommes parvenus à centrer facilement & avec préciſion les roues d'échappement pour les fendre arbrées.

436. L'alidade *S* (*fig.* 1) eſt attachée ſur un bout prolongé de la piece *Z* fixée au coude *Q* porté par les chaſſis *E D*. Cette alidade tourne ſur elle-même, pouvant s'approcher ou s'éloigner du centre de la plate-forme *P*, pour poſer ſa pointe *p* ſur les différents cercles de diviſion; l'alidade fait

reſſort de maniere à preſſer la pointe *p* ſur ces points de diviſions, & que la plate-forme ne puiſſe tourner ſans lever cette pointe qui preſſe fortement: la pointe *p o* entre à vis ſur l'alidade *S* afin de pouvoir donner à celle-ci plus ou moins de reſſort, ſelon qu'on fait monter ou deſcendre cette vis. La piece *MM* entre juſte (& à queue d'aronde), & ſe meut ſur la longueur du plan *E I* du chaſſis; elle porte le *porte-fraiſe H* (on l'appelle auſſi l'*H*): le porte-fraiſe (*fig.* 6) eſt la même piece vue en perſpective (*fig.* 1); les points des vis *a* & *b* entrent dans des trous coniques faits ſur la piece *N* (*fig.* 1).

437. Ce mouvement des pieces *M*, *M*; *N*, *N* ſur la longueur du chaſſis ſert à approcher ou éloigner du centre la fraiſe *d*, ſelon qu'il en eſt beſoin pour les grandeurs différentes des roues qu'on veut fendre; on fait ainſi mouvoir cette piece par le moyen de la manivelle *K*, qui entre quarrément ſur le bout prolongé de la vis *W*, & cette vis eſt arrêtée dans le pilier *D W*, de maniere qu'elle ne peut qu'y tourner étant priſe par un *collet*; l'autre bout de la tige *W* entre à vis ſur un talon porté par la piece *MM* en deſſous de la barre ou plan *E I*.

Ayant ainſi fait avancer l'*H* ou porte-fraiſe de façon que la fraiſe ou lime circulaire *d* faſſe les dents de la roue de la longueur requiſe, on tourne la vis *h* portée par la piece *MM*; la preſſion de cette vis ſe fait contre le côté *T T* de la barre ou plan *E I*, ce qui fixe la piece *MM* & celles qu'elle porte.

438. L'arbre *A* (*fig.* 6) ſur lequel on fixe les limes ou fraiſes *d*, porte un pignon dans lequel engrene une roue *B*, fixée ſur un arbre, dont le bout prolongé *q* eſt limé quarrément: c'eſt ſur ce quarré que s'ajuſte la manivelle *m* (*fig.* 1). Les fraiſes ou limes *circulaires* (*fig.* 7 & 8) ſe fixent ſur l'axe *A* par un écrou *e* qui entre à vis ſur cet arbre; on change de fraiſe, ſuivant qu'on en a beſoin, pour des dents plus ou moins fortes, & ſelon la nature des roues; ainſi on ſe ſert de la fraiſe (*fig.* 7) lorſqu'on veut fendre une roue de rencontre ou un rochet d'échappement; la fraiſe ou lime circulaire (*fig.* 8) eſt ſemblable à celle fixée ſur l'arbre *A* (*figure* 6). Ces

fortes

sortes de *fraises* servent pour fendre les roues ordinaires.

439. La figure 9 est une clef qui sert à tourner les vis 1, 2, 3, 4 (*fig.* 6), pour changer de *fraise* ou pour donner plus ou moins de jeu à l'arbre *A* & à l'*H*; les bouts de ces vis se terminent par un quarré sur lequel entre cette clef *C*.

440. La vis *f* (*fig.* 1) est portée par l'*H*; le bout de cette vis pose sur un talon que porte la piece *N* en dessous de l'*H*; cette broche sert à régler le chemin de l'*H*, empêchant la fraise d'approcher trop près du plan *IE*. Son usage le plus essentiel est pour régler l'enfoncement des dents de roue de rencontre, & autres pareilles roues, dont l'enfoncement est perpendiculaire ou incliné au plan de la roue.

441. Pour fendre les roues de rencontre de maniere que le devant des dents soit incliné à l'axe de la roue, on incline l'*H* (*fig.* 1); en sorte que la vis 1 s'éloigne de la plate-forme, & que celle 2 s'en approche, ou au contraire, selon le côté que la roue tourne & que l'inclinaison doit être.

442. Le mouvement d'inclinaison de l'*H* est produit par la piece *N*, dans laquelle entrent les points des vis 3, 4 (*fig.* 6). Cette piece porte une broche ronde qui entre dans un trou fait en travers l'épaisseur de la piece *Y*, attachée à la piece *MM*; le bout de cette broche est à vis & entre dans un écrou qui ne peut être vu, étant derriere la piece *N Y*; la piece *N* porte un index qui marque sur les divisions de la piece *Y* l'inclinaison de l'*H*; laquelle étant déterminée, on tourne l'écrou dont j'ai parlé, & fixe la piece *N* avec celle *Y*.

443. Les pieces qui portent l'*H*, ont encore deux sortes de mouvement; le premier est celui de la piece *Y*, laquelle peut monter & descendre dans une rainure faite à la piece *MÆ*, ce qui sert particuliérement à élever le centre de mouvement 3, 4 de l'*H* à la hauteur du tasseau, pour que les fonds des dents d'une roue épaisse soient perpendiculaires au plan de la roue : ce mouvement est produit par une vis qui ne peut être vue, mais dont l'effet est semblable à celui de la vis *W* & de la manivelle *K*, pour faire mouvoir la piece *MM*.

444. Le second mouvement des pieces qui portent l'*H*,

lequel ne peut être vu dans la figure, sert à faire mouvoir l'*H* & la fraise de droite à gauche ou de gauche à droite, pour pouvoir par ce moyen fendre des roues dont les dents sont inclinées, & ne tendent pas au centre de la roue ; voici comment cette machine est ajustée pour produire cet effet. La piece *Æ M* est une piece forte & pliée d'équerre ; la base est de la même grandeur que le coulant *M M* ; cette base se fixe sur ce coulant *M M*, au moyen d'une forte vis ; le coulant *M* porte une *têtine* qui entre juste dans une noyure ou creusure faite au centre de la base *Æ* ; la têtine est une sorte de pivot qui roule très-juste dans la noyure ; ainsi cette piece peut seulement tourner de côté & d'autre séparément du coulant *M*, (lorsque la vis est desserrée) ; un index & des divisions indiquent les angles qu'on lui donne, comme le fait l'index *i* sur les divisions de la piece *Y*; l'index arrêté sur l'angle donné, on fixe les pieces *M* & *Æ* ensemble au moyen de la vis de pression ([a]).

445. La figure 5, Planche XVII, représente la machine que j'ai composée, pour servir à *centrer* facilement les roues d'échappement, pour les fendre arbrées.

446. Lorsqu'on a ôté les pieces *G*, *L*, *l* (*Pl. XVI*, *fig.* 1), qui sont placées sur le chassis *A* de la machine à fendre, on met sur le même chassis la machine en question, qu'on fixe sur le chassis par une cheville (*fig.* 7) ; on place la roue d'échappement sur le tasseau de la maniere que nous l'avons expliqué (435), & on fait appuyer le bout *a* de cette machine sur la circonférence de la roue ; alors en faisant tourner la plate-forme, l'aiguille *m* va & revient alternativement, selon que la roue est plus ou moins éloignée d'être concentrique à l'axe de la plate-forme. Cette aiguille indique donc combien la roue est dehors du centre ; car si elle parcourt 40 divisions, & qu'on pousse la roue & la fasse glisser sur le tasseau de maniere que l'aiguille se meuve de 20 divisions, on aura un point qui

[a] La disposition de la machine à fendre, que nous venons de décrire, est de feu M. Taillemard, & elle a été perfectionnée par M. Hulot, son Eleve : le fils de celui-ci les exécute avec beaucoup de soins & d'intelligence ; ainsi je conseille à ceux qui voudront faire l'acquisition d'une bonne Machine à fendre, de s'adresser à cet habile Machiniste.

fera un des rayons de la roue ; & en continuant de tourner la plate-forme & de pouffer la roue, celle-ci deviendra concentrique à la plate-forme à l'inftant que l'aiguille reftera immobile : c'eft par le moyen de cette machine que je fuis parvenu à centrer parfaitement les roues d'échappement (fuppofées rondes & droites), & en très-peu de temps, fans tâtonner.

Defcription de la Machine à centrer les Roues.

447. La figure *6* repréfente le plan de la machine à centrer les roues : *AB* eft une plaque de cuivre qui porte en deffous la piece qui fe fixe au chaffis de la machine à fendre : fur cette plaque s'ajufte une regle *abc*, qui fe meut en couliffe fous le pont *d*, & entre les chevilles 1, 2 ; le bout de cette regle porte la piece mobile *a* dont le bout fert à appuyer fur la circonférence de la roue ; il eft rendu mobile en *m*, afin de le monter ou defcendre, felon l'élévation des roues ou des taffeaux.

448. La regle *bc* porte l'entaille *3*, laquelle agit contre une efpece de dent portée par l'axe de la piece *fg*, en forte que le mouvement qu'on imprime à la regle fe communique à la piece *fg* ; celle-ci porte par fon extrémité *g* un fil qui entoure la petite poulie *h*, fixée fur l'axe qui porte l'aiguille *m* (*fig.* 5) : l'autre bout du fil eft attaché au reffort *i l* qui tend continuellement le fil fur la poulie ; de forte qu'à mefure que la regle va & revient, la poulie & l'aiguille fe meuvent auffi, & tellement que celle-ci parcourt un fort grand efpace, tandis que la regle n'a fait qu'un mouvement infenfible. L'axe de la poulie porte deux pivots, dont l'un eft mobile dans un trou fait à la piece *AB*, & l'autre fe meut dans le trou concentrique du cadran (*fig.* 5) : celui-ci porte 4 piliers, de maniere qu'il forme une cage avec la plaque *AB* ; le pivot fupérieur de la poulie eft prolongé & fert à porter l'aiguille ; le cadran eft divifé en 60 parties : l'axe du levier *fg* porte deux pivots qui fe meuvent dans la cage formée par le cadran & la plaque *AB*.

CHAPITRE XXVI.

De la Fusée & ses propriétés.

449. J'AI fait obſerver ci-devant (148), en parlant des Montres, que le moteur ou reſſort n'agit pas avec une force conſtante; mais que ſa force augmente à meſure qu'on le tend & le remonte. Pour corriger cette inégalité, on ſe ſert de la fuſée *F* (*Pl. VII, fig.* 4). La fuſée eſt, comme on voit, une eſpece de cône tronqué: la fuſée communique au barillet au moyen d'une chaîne dont un bout s'accroche au barillet & l'autre à la fuſée. Lorſqu'on remonte la Montre, la chaîne s'applique ſur la fuſée dans une rainure faite en ligne ſpirale ſur ſon contour, depuis la baſe juſqu'au ſommet.

450. La propriété de la fuſée eſt de rendre égale l'action du reſſort ſur le rouage, au moyen de la grandeur différente des rayons qui forment la rainure ſpirale; ils ſont tels que lorſque le reſſort eſt à ſon premier tour de *bande*, que par conſéquent ſa force eſt la moindre, la chaîne ſe développe de deſſus le plus grand rayon ou plus grande partie de la fuſée, & agit avec la même force ſur le rouage que dans le cas où le reſſort étant monté au haut, la chaîne ſe développe de deſſus le plus petit rayon de la fuſée, & de même à tous les autres degrés de tenſion du reſſort; car à meſure qu'on le remonte, ſa force augmente; mais en même temps auſſi les rayons de la fuſée diminuent, de ſorte que l'action du reſſort ſur le rouage eſt toujours la même (149).

451. Une autre propriété de la fuſée, & qui eſt une ſuite de l'égalité de force qu'elle tranſmet au rouage, c'eſt d'augmenter la durée de la marche d'une Montre, ce qui eſt aiſé à concevoir: le barillet *A* qui contient le reſſort & ſur lequel s'applique la chaîne, eſt cylindrique (je le ſuppoſe de la même

grandeur que le plus grand rayon de la fuſée). Dans ce cas, ſi toutes les parties du premier tour de bande du reſſort étoient égales, lorſque le barillet fait un tour, la fuſée en feroit auſſi un ; mais comme cela n'eſt pas, & qu'à chaque degré de tenſion du reſſort ſa force augmente, &, comme je l'ai dit, les rayons de la fuſée devant diminuer dans la même proportion, il s'enſuit que, pour le développement de la chaîne ſur un tour du barillet, la fuſée fera plus d'un tour ; & celle-ci en fera d'autant plus, pour un du barillet, que la force de ce reſſort augmentera juſqu'au point que le reſſort étant au haut, & dans ce cas ſa force étant ſuppoſée double de celle de ſon premier tour, le ſommet de la fuſée que la chaîne entoure devra être une fois plus petite que celle du premier tour ; par conſéquent le dernier tour de bande du reſſort en fera faire deux à la fuſée. Toute la force du reſſort s'emploie donc utilement à faire mouvoir le rouage en agiſſant uniformément : ainſi les inégalités de force du reſſort ne ſe communiquent point au rouage, dont les frottements ſont conſtants ; il n'y a ſeulement que les pivots de la fuſée (ſur leſquels la force inégale du reſſort agit), qui éprouvent différentes preſſions ; mais ces différences ne peuvent cauſer aucune variation ſenſible à la Montre.

452. Pour que les diametres de la fuſée ſoient moins inégaux entr'eux, on n'emploie dans les Montres qu'environ quatre tours du reſſort, quoiqu'il en puiſſe cependant faire davantage ; on ne prend que les tours qui ont le plus d'égalité entr'eux, en ne remontant pas ce reſſort juſqu'au haut & en ne le laiſſant pas développer juſqu'en bas ; ce chemin eſt limité par le garde-chaîne, pour l'empêcher de monter trop haut ; & pour l'empêcher de trop deſcendre, c'eſt la chaîne qui le retient, ſa longueur étant donnée pour cela.

453. On voit par ce qui vient d'être dit que les formes des fuſées ne ſont pas toutes les mêmes, & qu'elles ſont relatives aux différentes forces du reſſort ; ainſi on ne les détermine que dans l'exécution ; car ce qui ſe feroit par la théorie, quoique ſatisfaiſant, feroit en pure perte ; on a acquis par

l'ufage la forme approchante qui convient aux fufées, de forte qu'on les tourne d'abord felon une forme, qui approche affez de celle d'une cloche, & enfuite on les taille, comme je le dirai ci-après; mais on verra qu'une fufée ainfi taillée, ne forme que la rainure fpirale, & ne détermine pas exactement l'enfoncement qui convient à chaque partie, pour que le reffort agiffe avec une force égale fur le rouage; ceci dépend de la nature du reffort qui doit être employé.

454. Je décrirai d'abord la machine à tailler les fufées & donnerai enfuite la maniere de tailler les fufées, & je terminerai ce Chapitre par donner une idée de la maniere dont on égalife les fufées lorfque la rainure fpirale eft formée, & comment on rend par-là, le plus égale qu'il eft poffible, l'action du reffort fur le rouage.

Defcription de la Machine à tailler les Fufées.

455. La Planche XVII, fig. 1ere, repréfente la machine à tailler les fufées, la plus parfaite que je connoiffe. Elle eft de l'invention de M. le Lievre, Horloger, & elle a été perfectionnée en fecond lieu par M. Gedeon Duval, qui l'a exécutée, & s'en fervoit avec beaucoup de fuccès; il voulut bien me la confier pour la faire deffiner telle qu'on la voit. Pour concevoir aifément cette machine, il faut confidérer d'abord l'axe *Ad* qui porte la fufée; le pignon *t* & la manivelle *M*; enfuite le burin *b* qui doit former les rainures, & enfin le plan incliné *I*, *I* qui doit faire mouvoir le burin *b* de la bafe 1 au fommet 5 de la fufée *F*, de la maniere fuivante.

456. Lorfqu'on tourne la manivelle *M*, le pignon *t* que porte l'axe *A*, fait monter & defcendre la regle ou crémaillere *RP* au moyen des dents qu'elle porte, lefquelles font perpendiculaires au plan de cette regle, & engrenent dans le pignon *t*; cette regle *PR* & le plan incliné *I* qu'elle porte, montant & defcendant ainfi de *x* en *z* & de *z* en *x*, le plan incliné fait mouvoir le burin *b*, de *b* en 1, & alternativement, fuivant le côté dont on tourne la manivelle; c'eft un

moyen du talon *T* que cet effet se produit; il appuie continuellement contre le plan incliné *I*; ce talon est pressé par un ressort contenu dans le barillet *B*, parce que la chaîne *s* tient au talon & au barillet. Ce talon *T* est formé sur la barre *TL*, qui se meut à coulisse dans les supports *SS* qui sont fendus pour y laisser passer & mouvoir cette barre *TL*; celle-ci porte la *boîte C*, au travers de laquelle passe le burin *ab*. Si donc on fait tourner la manivelle *M* de maniere que le plan incliné monte sous le talon *T*, & que le burin *b* vienne au sommet 1 de la fusée, & qu'alors on fasse tourner la manivelle de l'autre côté, pour faire descendre la regle & le plan incliné, & qu'on appuie en *m* sur le burin *ab*, la pointe *b* formera sur la fusée *F* une rainure spirale de la base au sommet; voilà en gros l'effet de cette machine: entrons actuellement dans un plus grand détail.

457. Les fusées sont de différentes hauteurs, suivant que les Montres sont plus ou moins plates: on met quelquefois sur une fusée qui est basse, le même nombre de tours de rainures ou de chaînes, que sur une qui est fort haute. Il faut donc que le burin *b*, pour un même nombre de tours de manivelle, parcoure un chemin différent, selon la hauteur des fusées, & d'ailleurs on fait faire plus ou moins de tours aux fusées de même hauteur. Il faut donc pouvoir faire varier le chemin du burin: or cela dépend du plus ou moins d'inclinaison du plan incliné *I*, *I*, par rapport aux côtés de la regle *PR*; car ce plan étant supposé presque parallele aux côtés de la crémaillere *PR*, si on fait tourner la manivelle en sorte que la crémaillere parcoure dans sa longueur tout le chemin possible, le talon *T* & le burin *b* ne feront qu'un mouvement insensible; & au contraire plus le plan *I*, *I* formera un grand angle avec la crémaillere & plus le chemin du burin sera grand. On change l'inclinaison du plan *I* au moyen de la vis de *rappel V*; ce plan *I*, *I* est mobile en *h*, il porte par son extrémité *l* une pointe qui indique les angles sur les divisions faites sur le plan *gl* de la crémaillere: l'angle étant déterminé, on fixe le plan *I*, *I* avec celui de la crémaillere en serrant les vis 3, 4.

458. Le plan *I*, *I* incliné, comme il eſt dans la figure, ſert à fendre les fuſées de Montres ordinaires : s'il s'agit de fendre des fuſées de Montres à huit jours, ou autres qui ſe rencontrent à gauche, on incline différemment ce plan en faiſant mouvoir la regle, en ſorte que l'index *l* ſe trouve en *g*; on retournera pour lors la face du burin *b*, & on fendra la fuſée en tournant la manivelle du côté contraire.

459. Les ſupports *S S* portent la piece *D D*, qui s'y fixe par le moyen des vis 6, 7; cette piece *D D* porte la courbe ou plaque d'acier *c*, dont l'effet eſt de régler les enfoncements différents du burin *b* ſur la fuſée *F*; la cheville *n* poſe ſur la courbure *c*, qui laiſſe deſcendre le burin, lorſque le plan incliné le fait mouvoir: c'eſt de la courbure de cette piece *c* que dépend celle de la fuſée, & par conſéquent la grandeur de ſes diametres; on a pluſieurs de ces plaques *c* avec différentes courbures, ſelon les fuſées.

460. La vis de rappel *o* ſert à faire monter & deſcendre la piece *D* 15, ſur laquelle vient poſer le bout de la plaque *c*; ce qui fait monter ou deſcendre celle-ci, ſuivant qu'il en eſt beſoin pour les différentes grandeurs des fuſées.

461. Voici maintenant comment on fixe les fuſées avec l'axe *A d*: le bout de l'axe de la fuſée porte ſur un trou conique fait au centre de la baſe *d*, & l'autre bout de la fuſée entre de même dans le trou conique de la broche 14, qui paſſe à travers le ſupport *O S*, & ſe fixe par le moyen de la vis ou écrou *f*; la fuſée eſt par-là au centre de l'axe *A d*. Pour que celui-ci entraîne la fuſée, on ſe ſert de la piece *W* (*fig.* 8) formée par une plaque qui a deux entailles, dans leſquelles peuvent entrer aiſément les chevilles que porte la baſe *d*; cette plaque *W* en porte une petite qui eſt mobile deſſus, & qui a une partie de trou quarré; la piece *W* en porte une autre partie; le trou quarré formé par ces deux pieces ſert à y faire entrer l'axe de la fuſée, lequel eſt quarré; on preſſe pour lors la vis *v*, de ſorte que la plaque *W* eſt fixée avec la fuſée: on poſe enſuite la fuſée ſur ces deux pointes, l'une au centre de la baſe *d*, & l'autre au centre de la broche 14, comme

je

je l'ai dit, & on fait entrer les chevilles de la baſe *d* dans les entailles de la plaque *W*; celle-ci & la fuſée ſont donc entraînées par l'axe ou baſe *Ad*, & par la manivelle *M*.

462. *K* eſt une vis de rappel, qui ſert à faire mouvoir la *boîte C* pour amener le burin *b* à la baſe de la fuſée, ſelon que l'exigent les longueurs différentes des quarrés de fuſées, qui changent la poſition de la fuſée par rapport au burin : cette boîte *C* porte en deſſous une vis qui ſert à la fixer à la barre *TL* lorſque le burin eſt en place.

463. L'axe *Ad* ſe meut dans des trous coniques faits en *G* & *Q* au travers des ſupports *NS* & *QZ*, portés & fixés ſur la barre *XY* par la vis 10, & la cheville 16.

464. La piece *QZ* porte par deſſous un talon dont on ſe ſert pour attacher cette machine à l'étau lorſqu'on veut tailler une fuſée : ſur cette piece ou ſupport *QZ* eſt fixée la plaque 12, 13, ſur la longueur de laquelle ſe meut la *crémaillere* ou regle *PR*, dans une eſpece de couliſſe formée par les petites lames *pq*, *p'q'*, attachées par des vis à la piece 12, 13.

Maniere de tailler une Fuſée.

465. Pour tailler une fuſée, il faut commencer de la fixer avec l'axe *Ad*, comme nous venons de le voir (461). Soit donnée, par exemple, la fuſée *F* (*fig.* 1) qu'il faut tailler de façon qu'elle contienne ſix tours de chaîne ; il faut tourner la manivelle de droite à gauche, pour faire monter le point *I*, 3 du plan incliné ſous le talon *T*, & dans cette poſition amener le burin *b* à la baſe 1 de la fuſée ; on ſe ſervira pour cela de la vis de rappel *K*; alors faiſant tourner la manivelle de gauche à droite, on comptera les nombres de tours que fait la manivelle (& par conſéquent la fuſée), tandis que le burin parcourt la hauteur de la fuſée : s'il fait plus des ſix tours demandés, il faut, au moyen de la vis *V*, faire mouvoir l'index *l*, & l'éloigner de *g*; & ſi au contraire la manivelle ne fait pas ſix tours, il faut faire mouvoir l'index de *l* en *g*,

& ainſi de ſuite, juſqu'à ce que le plan *I, I* ſoit incliné comme il faut : cela fait, il faut ramener le burin à la baſe de la fuſée en retournant la manivelle.

466. Pour former la rainure ſur la fuſée, on tournera la manivelle de gauche à droite, en appuyant en même temps ſur le manche *m* pour faire couper le burin *b*, en continuant ainſi juſqu'à ce que la manivelle ait fait ſix tours, & que le burin ſoit parvenu au ſommet; enſuite on dégagera le burin de la rainure commencée, & on retournera la manivelle pour ramener de nouveau le burin à la baſe de la fuſée : on recommencera de la même maniere à le faire couper, en appuyant en même temps ſur le burin & tournant la manivelle de droite à gauche ; on fera ainſi mouvoir la fuſée & le burin à pluſieurs repriſes, & juſqu'à ce qu'il ait formé une rainure aſſez profonde pour contenir environ le quart de la largeur de la chaîne. Voilà à peu près les moyens qu'il faut employer pour tailler une fuſée.

De la maniere d'égaliſer les Fuſées.

467. Nous venons de voir comment il faut tailler une fuſée ; mais comme il ne ſuffit pas de former ſes rainures & de fixer à peu près ſa forme, & qu'il faut de plus, pour rendre égale l'impreſſion du reſſort ſur le rouage, égaliſer la fuſée & déterminer les enfoncements qui conviennent à chaque degré de force du reſſort, nous allons donner la méthode que l'on employe pour parvenir à ce but.

468. La premiere choſe qu'il faut faire lorſque la fuſée eſt taillée, c'eſt de choiſir une chaîne qui rempliſſe exactement la largeur de la rainure de la fuſée & la mettre de longueur convenable, en ſorte que non-ſeulement elle entoure la fuſée, mais qu'il reſte un bout propre à aller gagner le barillet pour s'y accrocher. Pour cet effet, lorſque la fuſée & le barillet ſont en leur place ſur la platine des piliers, il faut que la chaîne entoure la fuſée de la baſe au ſommet, & qu'elle entoure auſſi le barillet d'environ $\frac{1}{4}$ de tour. La chaîne ainſi

établie de longueur, il faut la retirer de dessus la fusée & en entourer le barillet avec la longueur seulement qui enveloppoit la fusée, cela donnera le nombre de tours que le développement de la chaîne fera faire au barrillet, & par conséquent combien le ressort devra faire de tours : car je suppose qu'on trouve que cette partie de la chaîne qui étoit sur la fusée, entourant ainsi le barillet, fasse 4 tours, cela indique que pendant que la chaîne qui entoure la fusée se développera, le barillet fera 4 tours : ainsi le ressort devra faire pour cela seul 4 tours. Mais comme il est nécessaire, pour avoir un ressort moins inégal (452), qu'il fasse plus de tours que la fusée n'en emploie, on lui donnera environ deux tours de plus ; c'est-à-dire, que la barette (174) étant mise à sa place, le ressort devra pouvoir se bander de maniere que le barillet fasse six tours (l'arbre étant immobile) ; on fera donc faire un ressort qui remplisse ces conditions ; on placera la barette & le ressort dans son barillet, & on mettra la fusée & le barillet en place ; par ce moyen on pourra donner $\frac{3}{4}$ de tours de bande au ressort (la chaîne étant développée de dessus la fusée), & on sera assuré que lorsque la chaîne entourera la fusée, c'est-à-dire, qu'on l'aura *remontée*, il restera encore deux tours dont on pourroit faire tourner le barillet, pour bander entiérement le ressort.

469. Soit la fusée *F* (*Planche VII, fig.* 4) qu'il faut égaliser avec le ressort contenu dans le barillet *A* : pour cet effet, on mettra la fusée & le barrillet dans la cage, sans autre piece que la roue de *vis sans fin R*, laquelle engrenera dans sa vis sans fin : on arrêtera ensemble les deux platines en mettant les goupilles aux piliers: on accrochera ensuite un bout de la chaîne à la fusée & l'autre au barillet ; & au moyen d'une clef, on tournera le quarré de la vis sans fin ; ce qui fera tourner la roue *R* & l'axe *a*. Le crochet que celui-ci porte en dedans du barillet, remontera le ressort : on fait un petit trait sur le bout *a* de l'axe du barillet, lequel sert d'index pour marquer la quantité de *bande* que le ressort doit avoir en bas ; si c'est trois quarts de tour, on remarque le moment où l'axe accro-

che le reſſort, & on lui fait parcourir encore trois quarts de tour : il faut obſerver, que pour compter ces trois quarts de tour, il faut que la chaîne ſoit entiérement développée de deſſus la fuſée, & qu'elle n'y ſoit qu'accrochée.

470. Cela étant ainſi préparé, on ſe ſervira d'un levier *A L* (*Planche XVII*, *fig.* 2) dont on fera entrer la partie *A* ſur le quarré de la fuſée ; on fera faire un tour à ce levier, & on remontera par ce moyen le reſſort, & la chaîne s'enveloppera ſur la fuſée ; on la remontera ainſi juſqu'à ce que ſon crochet arcboute contre le garde-chaîne : dans cet état, on fera mouvoir le poids *M* du levier juſqu'au point qu'il devienne d'équilibre avec le reſſort ou moteur ; on fera enſuite rétrograder ce levier d'un tour, & on verra ſi ce poids *M* eſt encore d'équilibre avec le reſſort : ſi le reſſort eſt plus foible, il faut rapprocher le poids du centre *A* & le mettre de nouveau d'équilibre avec le reſſort, & continuer ainſi juſqu'au bas : on trouvera par ce moyen les endroits de la fuſée qui ſont trop petits ; ces points trouvés, on y mettra le poids d'équilibre avec le reſſort.

471. On voit que, pour égaliſer la fuſée avec ſon reſſort, il eſt néceſſaire de diminuer les endroits de la fuſée, qui étant trop élevés, changent l'équilibre du levier avec le reſſort, en faiſant paroître le poids trop léger. Mais avant de toucher à la fuſée, lorſque celle-ci eſt d'une bonne forme ([a]), on l'égaliſera avec ſon reſſort, en augmentant ou en diminuant la bande du reſſort, ſelon que la fuſée paroît trop petite ou trop grande du ſommet, c'eſt-à-dire, que le reſſort ne tire pas aſſez ou tire trop du bas. La regle que l'on doit ſuivre pour changer le degré de tenſion du reſſort, c'eſt que lorſqu'il ne tire pas aſſez du bas, il faut augmenter ſa bande, & lorſqu'il tire trop du bas, il faut la diminuer. Avant que d'augmenter la bande d'un reſſort, il faut s'être aſſuré que lorſqu'on aura remonté la fuſée au haut, le reſſort ne ſoit pas tout-à-fait tendu, mais qu'il lui reſte au moins encore un tour de bande;

[a] C'eſt-à-dire, que le diametre du ſommet ne differe pas trop ſenſiblement de celui de la baſe, & que la courbure de la fuſée eſt uniforme.

car ſi on n'a pas cette attention, on fera caſſer le reſſort ou la chaîne. Pour prévenir cet accident, il faut commencer par compter, comme nous venons de le dire (468), le nombre de tours que fait la chaîne ſur le barillet & ceux du reſſort : ſi donc la chaîne faiſant quatre tours, le reſſort n'en fait que cinq ; & s'il eſt néceſſaire de donner un tour $\frac{1}{4}$ de bande pour que la fuſée ſoit égaliſée avec ſon reſſort, on voit que l'on ne pourroit pas remonter la fuſée au haut ; car la chaîne fait, ſelon notre ſuppoſition, quatre tours, auxquels ajoutant un tour $\frac{1}{4}$ de bande, cela fait cinq tours $\frac{1}{4}$, ainſi il s'en faudroit un quart de tour qu'on ne pût remonter la fuſée au haut.

472. Lorſqu'il n'eſt pas poſſible d'égaliſer une fuſée par cette méthode, & ſuppoſant le reſſort bon & bien fait, il faut enfoncer avec une lime toutes les autres parties de la rainure où le reſſort emporte le levier *L*; & on continuera ainſi, de façon qu'à chaque point de la rainure, à commencer du ſommet, & finiſſant à la baſe, le reſſort & le poids reſtent parfaitement d'équilibre ; ce qui étant fait, on aura un moteur qui agira ſur le rouage avec une force égale.

473. Si on a une machine à tailler les fuſées ; lorſqu'on a vu l'endroit de la fuſée qui eſt trop gros, on la replace de nouveau ſur l'outil, afin d'en ôter avec le burin des tours trop forts : l'opération en eſt plus facile, & on conſerve la fuſée d'une plus belle forme, & les rainures en ſont plus proprement terminées.

474. Lorſqu'on a ainſi égaliſé la fuſée avec ſon reſſort, avant de la démonter de la cage & de changer la tenſion du reſſort, il faut faire, vis-à-vis du trait ou index que l'on a formé à l'arbre de barillet, un trait ſur la platine, lequel marquera l'endroit où on doit amener l'arbre de barillet pour donner la bande convenable au reſſort ; on appelle cela faire le *Repaire*; ainſi toutes les fois qu'on remonte la Montre, on met l'arbre à ſon repaire, & on tend le reſſort de la même maniere, & l'on eſt aſſuré par-là que le reſſort agit uniformément ſur ce rouage.

CHAPITRE XXVII.

Description de différents Outils & Instruments les plus utiles pour l'exécution des Pieces d'Horlogerie.

PLANCHE XVIII.

475. La figure 1ere représente un compas à quart de cercle, d'une construction avantageuse.

476. La charniere est pareille à celle des compas ordinaires ; les pointes *A*, *B* se fixent avec le compas au moyen des vis *c*, *b* ; & pour les rendre parfaitement solides après le compas, les mortaises des *boîtes* sont à trois faces, & à-peu-près de la figure du bout supérieur de la pointe *A* ; la pression de la vis se fait en *a*, de sorte que la pointe est très-solide : on peut les monter & descendre au moyen des ouvertures faites en *C* & *D*.

477. *G* est une vis de rappel pour faire écarter ou approcher insensiblement les pointes l'une de l'autre ; les vis *E*, *F* servent à rendre l'ouverture du compas très-fixe.

478. La figure 2 est un compas d'*épaisseur*, qui sert aussi à faire tourner droit un balancier de Montre ; ses bouts sont percés ou marqués par des points capables de recevoir le bout des pivots du balancier que l'on fait ainsi tourner : la piece coudée *ab* sert à faire voir si le balancier est droit ou non, & à marquer l'endroit où il touche : cet outil sert encore à mesurer l'épaisseur du fond du barillet, d'une roue de champ, de rencontre & d'autres choses semblables.

479. La figure 3 est un arbre propre à polir & tourner les fusées, lorsque les pointes du quarré de la clef en sont ôtées.

Cet arbre est formé de trois parties *ab*, *cd*, *ef* : *a* est l'en-

droit où l'on fixe le quarré au moyen de la bride & de la vis de preſſion : *b* s'applique contre la piece *cd*, qui eſt un cuivrot qui porte une pointe qu'on ne voit pas dans cette figure ; *ef* s'applique contre la plaque *b*, & les trois vis raſſemblent ces trois parties que l'on peut faire mouvoir ſelon la baſe *cd*, juſqu'à ce que le gros pivot de la fuſée tourne rond ; alors on ſerre les vis ; & cet aſſemblage reſtant fixe, il ne forme plus qu'un arbre.

480. La figure 4 eſt un *pied* ou machine propre à mettre les balanciers d'équilibre ; les pivots du balancier portent ſur une petite entaille ronde bien unie ; & pour empêcher que les portées des pivots ne frottent, on a mis les petites parties ſaillantes qui reçoivent les bouts des pivots.

481. La figure 5 eſt un outil qui ſert à reſſerrer les chauſſées d'aiguilles des minutes, lorſque le frottement ſur la tige eſt trop foible : cette piece s'attache à l'étau ; on fait entrer la chauſſée *b* dans l'eſpece de trou que forment les mâchoires de l'outil ; & au moyen d'un marteau on frappe en *a :* cet outil eſt très-commode en ce qu'il ne gâte pas les chauſſées.

482. La figure 6 eſt un arbre qui ſert à tourner des roues ou autre choſe ſemblable ; la vis eſt taraudée à rebours, afin qu'en tournant la roue, l'écrou ne ſe deſſerre pas.

483. La figure 7 eſt un outil dont on ſe ſert pour pincer en *a*, comme avec un étau, une chaîne de Montre que l'on veut renouer.

484. La figure 8 eſt un *calibre à pignon :* ſon uſage eſt pour prendre la groſſeur d'un pignon ſur les dents d'une roue, & diminuer le pignon juſqu'à ce qu'il paſſe par le calibre ; on s'en ſert auſſi pour vérifier l'égale diſtance des dents d'un pignon.

485. L'outil (*fig. 9*) ſert à prendre la hauteur de la cage d'une Montre ou d'une Pendule, en y faiſant entrer juſtes les pointes *a*, *b :* les pointes *c*, *d* ſervent à tourner les pivots d'une roue juſqu'à ce que les portées entrent dans ces pointes, dont l'intervalle eſt le même que celui des extrémités *a*, *b*.

486. La figure 10 eſt un cuivrot très-commode pour ſervir à mettre ſur les tiges des roues de différentes groſſeurs,

au moyen des vis qui écartent ces eſpeces de mâchoires, & qui les ſerrent autant qu'il eſt beſoin.

487. La figure 12 eſt un outil qui ſert à égaliſer les roues de rencontre : un des côtés intérieurs eſt taillé comme une lime; & les côtés extérieurs ſont diſpoſés pour poſer contre le devant des dents, tandis que le côté fait en lime, ôte l'excédent de la dent : on approche ou l'on écarte cette machine par le moyen de ſes vis, ſelon qu'il en eſt beſoin, pour la diſtance des dents de la roue.

PLANCHE XIX.

488. La premiere figure repréſente un très-bel étau qui a pluſieurs mouvements très-commodes : il a été conſtruit & exécuté par M. Hulot, fort habile Machiniſte & *Méchanicien du Roi.* Les étaux ordinaires s'ouvrent par un mouvement angulaire; celui-ci au contraire s'ouvre & ſe meut 1°. parallélement, de maniere qu'il ſerre les pieces également, quelle qu'en ſoit l'épaiſſeur.

2°. Il ſe meut horizontalement, c'eſt-à-dire, que l'on fait tourner l'étau ſur lui-même, & qu'on dirige ſa mâchoire de quel côté l'on veut.

3°. Il a un troiſieme mouvement qui eſt vertical, c'eſt-à-dire, que le plan des mâchoires devient incliné, comme on veut, avec l'*établi*; ce qui donne la facilité de limer une piece en biſeau, ſans changer la poſition de la lime, qui doit toujours être horizontale.

Du mouvement parallele des Mâchoires.

489. Pour produire le mouvement du paralléliſme, on a fait en *C*, dans la mâchoire *AB*, une *mortaiſe* quarrée, dans laquelle ſe meut la partie *DF* de l'autre mâchoire *DI* : cette mortaiſe doit être parfaitement juſte & parallele à la vis *GH.*

490. Le mouvement horizontal ſe fait au moyen d'un fort pivot qui eſt formé ſur la piece même *ABC* en deſſous; de

de *C*, ce pivot paſſe à travers la piece *L*, dans laquelle il roule; il eſt terminé par une vis ſur laquelle entre l'écrou à *pan M* qui arrête ce pivot, de ſorte qu'il ne puiſſe que tourner: cette piece *L* porte une baſe, ſur laquelle tourne la baſe même de la mâchoire *CAB*: cette baſe *C* eſt ſaillante & circulaire, afin d'y pratiquer les entailles 1, 2; 3, 4 dans leſquelles entre une piece *d* qui ſert à l'arrêter ſolidement. Pour faire mouvoir horizontalement l'étau, on preſſe le bouton *T* de la piece *dT*, en ſorte que *d* ſort de l'entaille, & permet à l'étau de tourner; cette détente eſt repouſſée par un reſſort qui ne peut être vu.

491. La piece *L*, dont la baſe reçoit celle de l'étau ou mâchoire *BC*, forme, avec la piece *NSF*, une charniere dont le centre du mouvement eſt en *N*, qui eſt la goupille même: c'eſt ce qui produit le mouvement vertical. Pour fixer l'inclinaiſon de l'étau, la piece *L*, dont une partie qui ne peut être vue, ſe meut dans l'épaiſſeur *PM*; cette piece, dis-je, eſt entaillée, comme on le voit en *d*, en *6*, 7; de ſorte que la partie *P* de la baſcule *PQ* mobile en *R*, entre dans une des entailles *6*, 7, & fixe très-ſolidement l'étau à l'inclinaiſon qu'on veut: le reſſort *QR* repouſſe cette baſcule.

492. *SV* eſt la partie qui ſert à fixer l'étau à l'établi au moyen de la vis *X*: *ef* eſt une broſſe qui arrête les ſaletés qui pourroient s'introduire dans les pas de la vis, en la tournant; il y en a autant de l'autre côté de la mâchoire. Le *collet* de la vis *GH* porte en *h*, une rainure dans laquelle entre le bout d'une vis attachée ſur le plan *DF*; ainſi lorſqu'on deſſerre la vis *GH*, elle entraîne la mâchoire *DI*.

493. La ſeconde figure repréſente un tour à balancier, c'eſt-à-dire, à tourner un balancier tout monté ſur ſa verge ou ſur ſon cylindre. La troiſieme figure repréſente des pieces acceſſoires à ce tour, dont nous dirons l'uſage. On appelle ce tour, *Tour en l'air*, par la raiſon que la piece qu'on tourne deſſus a ſa pointe en l'air, n'étant pas obligée de porter dans un point de la broche du tour, comme cela eſt aux tours ordinaires. Cette propriété qui fait le mérite prin-

cipal de ce tour, vient de la diſpoſition de l'arbre ou axe *A B C D* (*fig.* 2) vu en profil (*fig.* 3): la partie conique *D* ſe meut dans un trou fait au ſupport *EF*; ce trou qui a la même figure que le cône de l'arbre, eſt formé moitié dans la piece rapportée *F*, & l'autre moitié dans le ſupport *E*: on donne ou on ôte le jeu de l'arbre dans ce trou, ſelon que l'on ſerre plus ou moins les vis de la piece *F*: l'autre bout de l'arbre porte une pointe conique, qui entre dans un trou de même figure fait au centre de la vis *L* (*fig.* 2), que l'on ſerre plus ou moins pour donner du jeu à l'arbre, ce qui le pouſſe contre ſon cône; pour arrêter la vis, on a mis un contre-écrou *I*.

494. L'axe ainſi monté, on a formé, en le faiſant tourner avec un archet par le cuivrot *A*, le trou conique *MN*, dont la coupe eſt repréſentée (*fig.* 3): ce trou qui eſt ſelon l'axe de l'arbre, & qui doit être parfaitement rond, ſert à loger la piece *R*, & dans celle-ci le cylindre *L*, qui porte le reſſort à boudin *m*. Ce cylindre entre parfaitement juſte dans la piece conique *R* & aſſez librement, pour que le reſſort *m* puiſſe par ſa preſſion l'y faire mouvoir: la piece *R* eſt tournée de groſſeur & de forme propre à entrer juſte en *M*. Le cylindre *L* étant placé dans le trou de cette piece *R*, on poſe le tout dans le trou conique de l'arbre: alors le petit reſſort *m* poſe ſur le fond *N* du trou conique de l'arbre, mais de maniere que ce cylindre excede le dehors de la baſe extérieure *B C* d'environ une ligne: cela entendu, on concevra aiſément, à l'aide de la (*fig.* 2), comment on peut tourner un balancier pour le rendre rond.

495. Le petit cylindre *L* porte du côté où il excede à ſon centre un petit trou conique de la groſſeur d'un pivot de balancier; on poſe le bout du pivot du balancier dans ce trou, & on le pouſſe juſqu'à ce que le balancier poſe ſur la baſe *B C*; alors avec un cercle *a b* que l'on poſe de l'autre côté du balancier, on fixe le balancier au moyen de trois vis de preſſion, en ſorte que ſon pivot eſt par ce moyen parfaitement concentrique à l'arbre *A B C*; on tourne donc le bord de ſon balancier, ou l'aſſiette du balancier, cet outil étant très-

commode pour cela. Si au contraire on vouloit tourner la rivure du balancier, c'eſt-à-dire, le côté qui poſe actuellement contre la baſe, on ſe ſerviroit d'un autre moyen : on ôteroit le balancier & enſuite la piece *R*, ce qui s'exécute au moyen du trou oblique *OM* (*fig.* 3) & d'une petite pointe qui agit contre la portée de la piece *R*, & l'oblige de ſortir : on feroit entrer la verge de balancier dans le trou conique de l'arbre, plaçant enſuite le cercle *ab* & les vis de preſſion, (mais ſans ſerrer le balancier); enſuite on placeroit, ſur la circonférence *B C* (*fig.* 2), la piece *OP*, dont le bord intérieur entre juſte à drageoir ſur la circonférence *B*, & tourne parfaitement rond avec l'arbre : *OP* porte un canon qui eſt percé dans ſa longueur & bien au centre, d'un trou cylindrique, dans lequel entre très-juſte le cylindre *Q*, dont le bout eſt percé concentriquement d'un trou conique de la groſſeur des pivots ordinaires de balancier; on l'avance juſqu'à ce qu'il vienne poſer ſur le pivot extérieur du balancier, qu'il rend par ce moyen concentrique à l'arbre; on ſerre les vis; on ôte l'eſpece de calotte *OP*, & on tourne le balancier : *R* (*fig.* 2) eſt le ſupport pareil à ceux des tours ordinaires, & dont l'uſage eſt le même.

496. La figure 4 repréſente un *Arbre liſſe* : cet outil ſert à tourner des canons, viroles & autres choſes qui n'ont pas d'axe ou de pointes.

La figure 5 eſt un foret : cet outil ſert à percer des trous dans le cuivre, la figure angulaire de la pointe étant propre à cela.

Lorſqu'on veut percer de l'acier, il faut changer la figure de la pointe du foret, en la faiſant moins en fleche, mais au contraire arrondie par le bout : l'uſage en apprendra plus que des leçons.

497. La figure 6 repréſente un tour d'Horloger qui, outre ſon uſage ordinaire, eſt conſtruit de maniere que l'on peut s'en ſervir pour diviſer les pignons, & pour marquer l'entaille des cylindres d'échappement pour les Montres.

498. *B* eſt une petite plate-forme qui contient pluſieurs cercles concentriques : le cercle extérieur eſt diviſé en 360 parties pour ſervir aux cylindres; les autres le ſont en d'autres

nombres propres pour les pignons : l'axe de cette plate-forme, vue en profil (*fig.* 7), entre dans un canon dont on voit la coupe (*fig.* 8); ce canon ſe place dans le trou de la *poupée E*; il tient lieu de broche, & ſe fixe par la vis de preſſion *D*, qui appuie ſur le *couſſinet E*; la plate-forme tourne donc librement dans ce canon : la plate-forme a un trou conique & bien concentrique aux cercles de diviſion; ce trou ſert à recevoir les pointes des pignons que l'on veut marquer.

499. Le bout *b* de la pince *a b* tient à la plate-forme au moyen d'une vis de preſſion ; & l'autre bout eſt percé de pluſieurs trous quarrés de différentes groſſeurs : c'eſt dans ces trous que l'on fait entrer le bout de la tige du pignon qu'on lime quarrément ; en ſorte qu'en ſerrant la vis *a*, le pignon eſt entraîné par la plate-forme

500. Les nombres de la plate-forme ſont formés par des points qui ſervent à recevoir la pointe de l'alidade *F*, & à arrêter le diviſeur : le ſupport *V* étant limé bien droit, en ſorte qu'il ſoit parallele à l'axe du pignon, on s'en ſervira pour tracer les diviſions, en employant pour cela une pointe, & faiſant approcher le ſupport très-près du pignon (ou du cylindre) afin d'éviter l'erreur qui pourroit réſulter de l'inclinaiſon de la main qui tient l'outil.

501. En ôtant les pieces *C*, *B*, *F*, *G*, *M*, *X*, le tour redevient un tour ordinaire d'Horloger.

502. Le bout *a'* de la broche (*fig.* 9) appartient au tour (*fig.* 6) : elle ſert lorſque le cuivrot déborde la piece que l'on tourne ; cette broche entre dans les cuivrots ſans les empêcher de tourner.

503. Le bout *c* de la broche (*fig.* 10) porte une partie qui ſert à y rouler les pivots, au moyen des petites entailles qui ſont de différentes groſſeurs ſelon les pivots. Les *pointes à lunettes b*, *d* (*fig.* 9 & 10) ſont faites pour tourner les roues, en faiſant rouler les pivots dans des trous faits à ces pointes : toutes les roues doivent être ainſi tournées en achevant les dentures. Ces pointes (*fig.* 9 & 10) appartiennent au tour (*fig.* 6).

Description de l'Outil à placer les Roues droites en Cage.

504. Il ne suffit pas de déterminer la position qu'il faut donner à une roue pour que son engrenage soit bon, puisque cela donne seulement le trou qu'il faut faire à une des platines ; il faut encore chercher le trou de l'autre platine, où cette roue étant mise en cage soit parfaitement droite ; c'est-à-dire, qu'elle ne fasse pas plus de jour d'un côté que de l'autre ; cela est sur-tout difficile pour les trous de pivots de balancier, soit ceux du coq, ou de la potence : on a donc imaginé des outils propres à trouver facilement la position de ces trous : parmi les différents instruments que l'on a composés pour cet usage, celui qui me paroît préférable est représenté dans la (*Planche XVII, fig.* 3) : il est en même temps le plus simple & le plus aisé à construire pour être parfait.

505. Il est composé de deux pieces *ABD*, *CEF*, portant chacune les bouts prolongés *L*, *M* percés dans leur longueur par des trous cylindriques, dans lesquels on ajuste les broches cylindriques *ab*, *cd* : celles-ci doivent entrer parfaitement juste dans les trous de cylindre.

506. Les pieces *AB*, *CF* sont assemblées au moyen de quatre vis 1, 2, 3 & 4, ce qui les fixe très-solidement. Pour que les broches soient parfaitement concentriques, il faut réserver à la piece *CF* une partie *EF* qui entre bien juste dans le cercle *DE* de la piece *AB* : les plans de ces pieces, ainsi que la portée, doivent être tournés avec beaucoup de soin en faisant rouler ces pieces sur leurs broches : le plan *EF* doit être bien uni & droit : *GH* est un ressort qui sert à presser la pointe ou broche *cd*, pour la faire monter.

507. Pour se servir de cette machine, on place une virole (*fig.* 4) sur le plan *EF* ; on pose dessus cette virole le côté de la cage dont le trou est percé ; on fait entrer la pointe de la broche *c* dans ce trou, & on appuie avec une main fortement la platine contre le plan, pendant qu'avec l'autre

on presse en *I* la pointe supérieure, de maniere qu'elle marque un petit point sur la platine ; par ce point on percera un trou ; la roue placée dans ces trous sera nécessairement parallele aux platines ; car par la construction de l'instrument, les pointes *a b*, *c d* sont perpendiculaires au plan *E F*, & par conséquent aux platines : l'axe de la roue sera donc perpendiculaire aux platines & son plan lui sera parallele. Les viroles que l'on place sous les platines doivent être parfaitement tournées des deux côtés, afin qu'elles maintiennent les platines paralleles au plan *E F* : on entaille ces viroles, selon qu'il en est besoin, pour éviter l'obstacle des pieces portées par les platines. Lorsqu'on veut marquer à la potence le trou de la verge, on place le coq sur la platine, on pose celle-ci sur une virole, & on fait entrer la pointe *ab* dans les trous du coq : avec l'autre pointe on marque sur la potence un point qui donne celui du pivot inférieur de la verge.

CHAPITRE XXVIII.

Description de l'Instrument que j'ai construit pour mesurer la force des ressorts de Montres, & pour servir à déterminer la pesanteur des Balanciers.

PLANCHE XVIII, *Figure* 15.

508. LA partie *A* est faite de deux pieces qui forment une mâchoire à-peu-près pareille à celle des leviers à égaliser les fusées, à cela près cependant qu'elle s'ouvre perpendiculairement à la branche *C*, afin que les différentes grosseurs des quarrés de fusée changent le moins qu'il est possible le centre *A*, du levier *C*. Le quarré de la fusée entre dans le trou quarré *A* ; & au moyen des vis *B*, *b*, on serre cette

mâchoire, en ſorte que le quarré de la fuſée eſt entraîné avec le levier. La branche *AC* du levier fait équilibre avec la boule *D*, lorſque le coulant *EF* eſt ôté.

509. La branche *C* eſt graduée dans ſa longueur, de maniere que lorſque le coulant *E* avec le poids *F* qu'il porte, eſt placé à une diviſion quelconque, comme 3, 7 ou 12, &c. on a le nombre de gros (ou huitieme partie d'une once) qu'il faut placer en *D*, pour faire équilibre avec le poids *F*.

510. Pour graduer cette branche, j'ai fixé la mâchoire *A* ſur le quarré d'une fuſée ; ce quarré étoit de moyenne groſſeur ; la fuſée tournoit librement dans ſa cage, ſans chaîne ni communication avec le reſſort : dans cet état j'ai mis parfaitement d'équilibre la branche *AC* avec le poids *D* ; j'ai ſuſpendu en *D* ſur une petite rainure, dont la diſtance au centre *A* du levier eſt exactement de quatre pouces, un petit plateau de balance ; & pour que le poids du plateau ne changeât pas l'équilibre, j'ai attaché à l'autre extrémité du levier *C* une petite piece de cuivre, cela ainſi préparé, j'ai remis le coulant *E* & ſon poids *F* ; enſuite j'ai mis un gros dans le plateau, & j'ai mené le coulant *E* juſqu'à ce qu'il ait fait équilibre avec le poids d'un gros : j'ai tracé une diviſion & marqué 1 : cela fait, j'ai ajouté dans le plateau 18 grains ou le quart d'un gros, & j'ai amené le coulant au point où il ſe trouvoit en équilibre avec les poids de la balance ; j'ai marqué une diviſion qui ne s'étend que juſqu'au quart de la largeur de la branche, afin de déſigner que c'eſt le quart d'un gros ; j'ai ajouté enſuite 18 grains, & j'ai cherché de nouveau l'équilibre, pour marquer une diviſion qui s'étend ſur la moitié de la largeur de la branche : pour déſigner un demi-gros, j'ai encore ajouté 18 grains ; & ayant trouvé l'équilibre, j'ai marqué une diviſion ſur le quart de la largeur pour déſigner $\frac{3}{4}$ de gros : ayant de nouveau ajouté 18 grains & trouvé l'équilibre, j'ai marqué la diviſion 2 ſur toute la largeur de la branche, pour déſigner que c'eſt 2 gros ; & ainſi ajoutant de ſuite des quarts de gros, j'ai gradué la branche dans toute ſa longueur.

511. On voit par la conſtruction de cet inſtrument, que

ſi on l'adapte ſur le quarré d'une fuſée montée dans ſa cage, avec le reſſort & la chaîne, & que pour faire équilibre avec le reſſort, on mene le coulant *E* ſur une diviſion quelconque, 5 par exemple, ce nombre déſignera la force du reſſort, c'eſt-à-dire, qu'il fait équilibre avec 5 gros ſitués à 4 pouces du centre de la fuſée; car la force du reſſort repréſente ici les poids qui étoient placés dans le plateau de la balance. Nous verrons l'uſage de cet inſtrument dans la ſeconde Partie, Chap. XXXIV, & comment nous ſommes parvenus à trouver, par le calcul, le poids du balancier.

De l'uſage de la Machine repréſentée Pl. XVIII, fig. 13 & 14, *& de l'Outil*, fig. 11.

512. J'avois deſtiné cette machine pour faire des expériences ſur la durée des vibrations grandes & petites d'un même balancier qui ſe meut librement : pour cet effet, je faiſois rouler la pointe de l'axe ſur une pierre fort dure, & pour diminuer le frottement des pivots, ils rouloient chacun entre trois rouleaux. Je devois obſerver le nombre de vibrations que faiſoit le balancier, lorſqu'il ſe mouvoit horizontalement ou verticalement, la vîteſſe des vibrations, ſelon la différence des températures; enfin elle devoit ſervir à meſurer les différents degrés de force d'un même ſpiral, ſelon qu'il étoit plus ou moins tendu.

513. Je ne rapporterai point ici ces expériences; elles ne ſont pas aſſez exactes pour pouvoir y compter; mon temps ne m'a pas permis de les ſuivre, n'en ayant pas eu beſoin, excepté celles de l'action du chaud & du froid ſur un balancier qui ſe meut librement avec ſon ſpiral : mais nous avons ſuivi avec beaucoup de préciſion cet objet dans la ſeconde Partie, en traitant de notre Horloge Marine.

La figure 11 repréſente une *Pince*, dont l'un des bouts eſt creux, & l'autre rond : elle ſert à ouvrir, ou à reſſerrer les ſpires des ſpiraux, ſelon qu'on les pince avec l'un ou l'autre côté de l'outil.

CHAPITRE

CHAPITRE XXIX.

De l'Outil d'Engrenage. De la maniere de déterminer exactement les grosseurs des Pignons, & de faire de bons Engrenages.

514. NOUS traiterons dans le Chapitre V, seconde Partie, de la théorie des engrenages : je me bornerai donc ici à parler de quelques méthodes propres à faciliter aux Ouvriers l'exécution de bons engrenages, & à déterminer, par la pratique, la grosseur des pignons, la forme des dents, &c.

515. La Planche IV, fig. 2 & 3, représente un instrument très-utile, qu'on appelle *Outil d'Engrenage*. Une roue *R* (*fig.* 2) étant donnée, ainsi que le pignon *P*, on peut, à l'aide de cet outil, former les courbures des dents de la roue & du pignon avec assez de précision, pour que la roue mene le pignon uniformément.

516. La roue & le pignon étant à-peu-près formés, on détermine la distance qu'il doit y avoir entre le centre de la roue & celui du pignon : on change les courbes, si elles sont mal faites, ce qui se reconnoît en faisant tourner la roue & le pignon. Lorsque l'une & l'autre tournent avec la même vîtesse & sans secousses, c'est une preuve que l'engrenage est bien fait : on connoît par le même moyen si le pignon est trop gros ; car alors il arcboute & mene trop-tôt avant la ligne des centres ; s'il est trop petit, il se meut pendant un instant avec vîtesse & après la ligne des centres. Cet instrument sert donc à vérifier les défauts d'un engrenage, & à les corriger : on en verra mieux l'usage lorsque j'en aurai fait la description.

517. L'outil d'engrenage (*fig.* 2) est formé par deux chassis coudés *A*, *B*, *C*, *D*, lesquels sont mobiles en *a*, &

aſſemblés par une charniere : chaque partie porte deux *poupées* percées par des trous qui doivent être parfaitement cylindriques, paralleles à l'axe ou centre *a* : les trous des poupées doivent auſſi garder le parallélisme entr'eux ; les broches *pq*, *qp* doivent être tournées bien rondes & de même groſſeur, & entrer très-juſte dans les trous des poupées *A*, *D*, *A*, *D* : ces broches ſont terminées en pointe par un bout, & percées par l'autre par des points coniques & concentriques *q* propres à recevoir les bouts des pivots des roues & pignons que l'on veut examiner, comme on le voit (*fig.* 2) : la charniere de cet outil ſert à approcher ou à écarter la roue du pignon, ſelon leurs différentes grandeurs, & ſuivant qu'il en eſt beſoin pour former l'engrenage.

518. La portion de cercle *cdE* paſſe à travers les pieces ou chaſſis *AVB*, *AEB* : le bout *E* eſt taraudé, ainſi que le trou de l'écrou *F*, qui tient au chaſſis *AEB* ; il ne peut que tourner ſans changer de place : l'autre chaſſis porte la vis *V* de preſſion, qui ſert à fixer le mouvement des chaſſis. Lorſqu'on a approché la roue *R* du pignon à-peu-près au point de former l'engrenage, on tourne la vis de preſſion *V*, en ſorte qu'elle arrête le chaſſis *AVB* ; & pour amener l'engrenage le plus près qu'il eſt poſſible du point convenable, on fait mouvoir l'écrou *F*, ce qui fait approcher ou éloigner inſenſiblement les chaſſis, ſelon le côté dont on fait tourner cet écrou. Les vis 1, 2, 3, 4 ſervent à fixer les broches après les poupées.

519. Lorſque l'on eſt parvenu à former l'engrenage ſur l'outil, il ne reſte plus qu'à le placer dans la cage : pour cet effet, on commence par percer & mettre en cage la roue, en ſorte qu'elle ſoit droite, & alors on poſe une des pointes *p* dans le trou fait à la platine, & de l'autre qui lui eſt parallele, on trace un trait comme avec un compas, en perçant par ce trait un trou qui ſoit coupé en deux par ce trait, & plaçant bien droit en cage le pignon, on aura l'engrenage mis en cage, qui ſera de même qu'il étoit ſur l'outil.

520. Il faut obſerver qu'il faut faire monter & deſcendre une des pointes, de maniere qu'avant de tracer le trait

d'engrenage, elle s'éleve perpendiculairement ſur le plan de la platine : il eſt donc à propos d'ajuſter ſur une des broches *p q* (*fig.* 3) une équerre *E*, qui puiſſe monter & deſcendre ſur cette broche afin d'en fixer la poſition, & qu'on ne puiſſe incliner l'outil, ce qui changeroit néceſſairement l'intervalle qu'il y a de la roue au pignon.

521. La grande facilité que donne cet outil pour voir les engrenages, les réparer & les tranſporter dans le même état dans la cage, rend cet inſtrument très-néceſſaire aux Ouvriers : on peut même s'en ſervir pour former des échappements à ancre, à cylindre, &c. mais, malgré ſon utilité, il y a peu d'Ouvriers qui s'en ſervent, & même qui le connoiſſent. Il n'eſt cependant pas nouveau, puiſque M. Thiout l'a décrit dans ſon *Traité d'Horlogerie;* mais l'indolence extrême de la plupart des Ouvriers en borne fort l'uſage ; car ils cherchent plus à gagner de l'argent, qu'à s'inſtruire & faire de bonnes choſes.

Maniere de déterminer la groſſeur des Pignons.

522. La meilleure méthode pour déterminer avec une grande préciſion la groſſeur d'un pignon pour une roue quelconque, c'eſt, avant de le tremper, de le préſenter avec ſa roue ſur l'outil d'engrenage : pour cet effet, il faut arrondir quelques dents de la roue ; alors on voit s'il eſt de groſſeur : s'il eſt trop gros, on le diminue juſqu'à ce que l'engrenage ſe faſſe le plus uniformément qu'il eſt poſſible ; s'il eſt trop petit, il faut le refaire ou diminuer la roue. Mais pour prévenir cet inconvénient, on ſe ſervira des méthodes ſuivantes, qui ſervent à donner à très-peu près la groſſeur dont il faut tourner un pignon de Pendule avant que de le fendre.

523. On coupera une bande de carte qui aura environ pour largeur l'épaiſſeur de la roue dont on cherche le pignon, on appliquera cette carte ſur la circonférence de la roue fendue & non arrondie, & on la coupera de longueur qui ſoit telle qu'elle comprenne autant de dents de la roue que le pignon doit en avoir, & deux en ſus : la longueur de la carte

fera la circonférence du pignon: si l'on a, par exemple, un pignon de 16 dents à faire, on coupera la carte de longueur à embrasser 18 dents de la roue; & l'on appliquera ensuite la carte sur le pignon, que l'on diminuera sur le tour, jusqu'à ce que les deux bouts de la carte se rejoignent; alors on fendra ce pignon, on l'arrondira & on l'achevera: mais avant de le tremper, il faut arrondir quelques dents de la roue; placer celle-ci sur un arbre lisse; & mettant la roue & le pignon sur l'outil d'engrenage, on verra s'il est de grosseur convenable à la figure des ailes & dents de la roue & du pignon; on le diminuera selon qu'il sera besoin; on changera la courbure des ailes ou celle de la roue, en sorte que l'engrenage se fasse uniformément.

524. Dans les petits pignons de Pendules, & dans ceux des Montres, on ne peut pas se servir de cartes; mais voici des regles fondées, ainsi que la précédente, sur l'expérience & selon l'usage des bons Ouvriers.

525. Lorsqu'on a fendu les roues, & que l'on veut prendre la grosseur des pignons, on se sert d'un calibre à pignon (*Planche XVIII, fig.* 8). Si, par exemple, on veut faire un pignon qui ait 16 dents, on donnera une ouverture au calibre capable de comprendre 6 dents de la roue, prise du flanc extérieur de la premiere au flanc extérieur de la sixieme; c'est ce qu'on appelle *6 Dents pleines.*

526. Pour un pignon de 15, il ne faut pas que le calibre embrasse tout-à-fait le flanc de la sixieme dent.

527. Pour un pignon de 14, il faut prendre 6 dents sur les pointes.

528. Pour un pignon de 12, 5 dents pleines, lorsque c'est une grande roue de Pendule; & si c'est pour une Montre, il faut prendre 5 dents sur les pointes un peu fortes.

529. Pour un pignon de 10, 4 dents pleines.

530. Pour un pignon de 9, un peu moins de 4 dents pleines.

531. Pour un pignon de 8 en Pendule, 4 dents sur les pointes.

532. Pour les Montres, il faut prendre 4 dents ſur les pointes, moins le quart du vuide d'une dent.

533. Pour un pignon de 7 en Pendule, 3 dents pleines de la roue, & un quart du vuide d'une dent.

534. Le pignon de 7 des Montres, doit embraſſer un peu moins de 3 dents de la roue; il faut forcer la roue lorſqu'elle eſt finie.

535. Pour un pignon de 6, il faut prendre 3 dents pleines pour les Pendules. Pour les Montres, un peu plus de 3 dents ſur les pointes.

536. Pour un pignon de 5, 3 dents ſur les pointes.

537. Pour un pignon de 4, il faut prendre deux dents quarrées & pleines. Lorſque le pignon mene, il faut prendre deux dents quarrées de la roue, plus la moitié du vuide d'une dent: en général tous les pignons doivent être plus gros lorſqu'ils menent.

REMARQUE.

538. Quoique les engrenages des Montres & des Pendules ſoient faits ſur les mêmes principes, & que les groſſeurs des pignons paroiſſent devoir être les mêmes; cependant on y apperçoit une petite différence, dont voici la raiſon. Dans les Pendules, les roues ſont beaucoup plus nombrées que dans les Montres: or plus une roue eſt grande & nombrée, le pignon reſtant de même nombre, & moins les dents de la roue & du pignon ſe pénetrent; c'eſt-à-dire, que le rayon *primitif* du pignon approche plus de ſon rayon vrai: il ſuit de-là qu'un tel engrenage eſt le meilleur, puiſque moins les dents ſont obligées de ſe pénétrer pour l'engrenage, & moins il y a de frottement.

539. On voit par-là que les groſſeurs des pignons varient dans une Pendule ou une Montre, ſelon que la roue eſt plus ou moins nombrée, relativement à ſon pignon: ainſi lorſqu'on fait un pignon de 8 qui engrene dans une roue de 32 dents, il faut prendre moins de dents, c'eſt-à-dire, tenir le pignon plus petit que s'il engrenoit dans une roue de 72; & toujours

de moins en moins, à meſure que le pignon fait un moindre nombre de tours relativement à la roue.

540. Après avoir donné les groſſeurs aux pignons de la maniere que nous venons de le dire, il eſt encore à propos, avant de les tremper, d'en eſſayer l'engrenage, afin de bien fixer ſa groſſeur, & de la déterminer convenablement au plus ou moins de dents de la roue, & de donner aux ailes la courbure la plus favorable : ces ſoins & ces attentions ſont très-eſſentielles ; on ne peut trop les recommander aux Ouvriers, & avoir l'œil à les leur faire mettre en pratique.

CHAPITRE XXX.

Deſcription d'une Répétition de Montre à trois parties, d'une nouvelle diſpoſition.

PLANCHE XIV, *Fig.* 5.

541. *A*, *B* ſont deux *crémailleres* fixées l'une après l'autre & mobiles en *a*. La crémaillere *A* ſert à faire frapper les marteaux, dont *b* & *c* ſont les baſcules; la diſpoſition de ces marteaux eſt ſemblable à celle des répétitions ordinaires (187 & 188) : *d* eſt une double palette qui eſt portée par l'axe d'une roue de ſonnerie, dont la vîteſſe doit être telle, qu'à chaque tour qu'elle fera le marteau puiſſe frapper deux coups, ni trop prompts ni trop lents ; ce qui dépend des nombres de dents du rouage que je n'ai pas cru devoir faire graver, ſa diſpoſition étant très-facile : cette double palette eſt le moteur de la crémaillere *B*, & par conſéquent c'eſt la force qu'elle reçoit du reſſort moteur, qui donne le mouvement & fait frapper les marteaux.

542. Pour cet effet, lorſqu'on pouſſe le *pouſſoir C*, ſon action ſur le levier *DE* oblige le bras *F* de ce levier d'écarter

le petit bras *x*, ainſi que l'eſpece de cliquet *x r* dont le bout retient la crémaillere *B*, & l'empêche de deſcendre ; mais pendant que l'on pouſſe le pouſſoir, le levier *E* parcourt un grand eſpace ; & en écartant le cliquet, il donne le temps à la crémaillere de deſcendre : la crémaillere étant donc preſſée par l'action du reſſort *f*, eſt obligée de deſcendre & venir poſer ſur le limaçon des heures, porté par l'étoile *G*. Pendant que le cliquet reſte écarté par le bras *F*, la palette *M* qu'il porte & qui paſſe à travers la platine, va arrêter une roue de ſonnerie, ce qui empêche le rouage de tourner ; mais dès que l'on ceſſe d'appuyer ſur le pouſſoir, le cliquet dégage la ſonnerie, la palette *d*, en tournant, fait frapper les heures que le limaçon a données, & la crémaillere *B* en remontant, porte une cheville qui vient preſſer la piece des quarts *l m o* mobile en *m*, & dont le bras *n* porte une palette, qui paſſant à travers la platine va ſe préſenter à une cheville portée par une roue de ſonnerie, & l'arrête lorſque les heures & les quarts ſont frappés.

543. Les quarts ſont déterminés par l'enfoncement du limaçon *C* des quarts, ſur leſquels le bras *o* de la piece des quarts va poſer, quand on fait ſonner la répétition. Si la piece des quarts poſe ſur les pas les plus élevés du limaçon des quarts, la cheville 1 de la crémaillere viendra poſer ſur le bout du bras *l*; alors elle ne ſonnera pas de quarts, parce que la crémaillere s'arrêtera immédiatement après qu'elle aura ſonné l'heure ; ſi au contraire, la piece des quarts deſcend ſur le premier pas du limaçon, alors la cheville de la crémaillere viendra poſer contre l'entaille 1 ; ainſi après que les heures ſeront ſonnées, la crémaillere avancera encore & fera ſonner un quart, & ainſi du reſte.

544. Le limaçon des quarts porte 4 chevilles qui ſervent à faire mouvoir la détente *à fouet p q*, pour faire ſonner les heures & les quarts : cette détente eſt briſée dans ſon centre *z*, afin que lorſqu'une des chevilles du limaçon abandonne une cheville du bras *p* de cette détente, celui *q* parcoure un grand eſpace, qui en écartant le cliquet *M* au moyen de la cheville *r*,

contre laquelle le *fouet q* agira, donne le temps à la crémaillere de descendre sûrement : lorsque le contre-coup de cette piece a produit son effet, c'est-à-dire, que le bras *q* a parcouru un espace qui a consumé toute sa force de mouvement, le petit ressort que ce bras porte sert à la ramener..

545. Pour que la piece ne sonne que les quarts seulement à chaque quart, la crémaillere porte une cheville qui vient s'arrêter contre le talon d'une piece *s t V*, en sorte qu'elle ne descend que de ce qu'il faut pour les quarts, & pour dégager la piece des quarts *l m o*; mais lorsque l'heure doit sonner, une cheville de la piece des quarts, laquelle est plus écartée du centre du limaçon, (ou, ce qui vaut mieux, un bras particulier) agit en *t* de la piece *t s*, & l'écarte de maniere que la cheville de la crémaillere passe à côté du talon *s*, & que la crémaillere va poser sur le limaçon des heures.

546. La même chose arrive à-peu-près quand on veut faire répéter cette Montre en poussant le poussoir; le bras *I* du levier *D E* agit sur le bras *V* de la piece *s t*, ce qui écarte le talon *s*, en sorte que la cheville de la crémaillere passe à côté.

547. Lorsque la crémaillere *B* descend sur le limaçon, les dents de la crémaillere *A* font rétrograder les petites levées *b*, *c*, de la même maniere que le fait la piece des quarts d'une répétition ordinaire (187).

548. Si l'on veut que cette Montre sonne les heures & les quarts à chaque quart, il faut attacher à la fausse plaque un bras qui écarte la piece *V t s*, pour que le talon *s* laisse descendre la cheville de la crémaillere.

549. Les palettes de la piece *d* doivent être formées par des courbes, afin que l'action du rouage sur les crémailleres soit plus uniforme.



CHAPITRE

CHAPITRE XXXI.

Des ſoins d'exécution & de conſtruction d'une Montre.

550. S'IL me falloit entrer ici dans tous les détails de conſtruction & d'exécution d'une Montre, cela me conduiroit trop loin; car cette machine demande des ſoins & des attentions ſans nombre, qu'on ne peut négliger impunément : mais comme j'ai déja paſſé les bornes que je m'étois propoſées pour cet Eſſai, je ne m'arrêterai qu'aux choſes les plus eſſentielles. D'ailleurs les principes que nous établirons dans la ſeconde Partie de cet Ouvrage, & les expériences qui les ſuivent, feront, je crois, ſuffiſants, & ſuppléront à tous ces détails.

Du Régulateur.

551. Le balancier étant le régulateur de la Montre; & la juſteſſe de cette machine dépendant ſinguliérement du balancier, c'eſt par cette piece qu'il faut commencer à établir la nature d'une Montre.

552. Le balancier d'une Montre doit être fort léger du centre: pour cet effet, il faut que les barrettes & le centre aient le moins de largeur qu'il eſt poſſible: la virole du balancier doit être très-petite & légere; par ce moyen on donne toute l'inertie poſſible à l'anneau qui fait proprement le balancier, & en même temps les pivots ne ſont chargés que d'un poids léger, d'où il réſulte le moindre frottement, par conſéquent la moindre altération dans les mouvements: il faut ôter les angles des barrettes & les arrondir, afin que les ſaletés ne puiſſent s'y arrêter.

553. Le balancier étant fort grand, ayant d'ailleurs une peſanteur proportionnée aux parties frottantes des pivots, il

en résultera une moindre usure pour les trous & moins de variations.

554. Si l'on fait un balancier qui soit pesant, il faut que les pivots soient plus longs sans être plus gros, & qu'ils portent exactement sur toute leur longueur dans leurs trous, de maniere que les parties de la pesanteur du balancier se trouvent divisées sur la longueur des pivots; car dans ce cas la pesanteur étant portée sur une plus grande longueur, chaque partie du pivot sera pressée par une moindre quantité, d'où il résultera une moindre destruction : si donc on rend le balancier plus léger de la moitié, on peut raccourcir de moitié les pivots, sans qu'ils aient ni plus ni moins de frottements qu'auparavant.

555. Si l'on peut ainsi augmenter la longueur des pivots, & diminuer par ce moyen la destruction des pivots & des trous, on ne peut pas de même augmenter impunément leur diametre ou grosseur; car c'est en augmentant la grosseur d'un pivot, (la pesanteur du balancier restant la même) qu'on augmente les frottements qui sont exprimés par l'espace qu'ils parcourent & par les poids qui les pressent : la longueur des pivots diminue l'effet du frottement, puisque, comme je l'ai dit, la pesanteur est distribuée entre plusieurs parties; ainsi les parties de matiere ou *éminences* qui forment la surface du pivot, pénetrent moins dans les pores du trou : il suit donc de cette observation, 1°. que la longueur des pivots doit être proportionnée au poids du balancier; 2°. que si l'on fait des pivots très-petits & plus longs, leur frottement produira moins d'usure sur les trous; 3°. que si l'on ôte du poids du balancier, on pourra ôter de la longueur des pivots sans changer la nature du frottement; 4°. qu'enfin si l'on diminue la pesanteur du balancier sans toucher à la longueur des pivots, les pivots auront un moindre frottement, ils changeront moins par l'action du balancier.

Observation sur le Balancier d'une Montre, ou sur la main-d'œuvre de ce Régulateur.

556. Le *Faiseur de mouvement en blanc* ne doit pas finir le balancier d'une Montre ; c'est l'ouvrage du *Finisseur*. L'Ouvrier en blanc ne doit faire que l'ébaucher & le laisser plus pesant, afin que le Finisseur ait de quoi l'achever avec soin : celui-ci doit commencer par lui donner au tour, une épaisseur parfaitement égale, en sorte qu'il ne reste plus qu'à effacer les traits du tour & à le polir : le bord extérieur doit être arrondi, ainsi que celui du dedans : il faut que le *champ* du balancier forme comme une espece d'anneau, de cette maniere il éprouvera une moindre résistance de l'air. Le balancier ainsi fait avec soin, & tourné bien droit & rond, est naturellement d'équilibre, en sorte que lorsqu'il est *arbré*, il ne faut qu'ôter un peu de matiere du côté opposé à la cheville de renversement : il ne faut pas faire une entaille opposée à la cheville, avec une lime à feuille de sauge, ainsi que quelques Ouvriers maladroits le pratiquent, lorsqu'ils sont obligés d'ôter beaucoup de matiere, à cause de l'inégalité d'épaisseur & du peu de rondeur du balancier : quand le balancier est trop pesant, ils ôtent de la matiere en formant en dessous un talus qui augmente la surface du balancier. La meilleure méthode dans ce cas est d'en retrécir le champ tout autour & également, en sorte qu'il se forme toujours en anneau : au reste, pour ne point faire un balancier en tâtonnant sa pesanteur, on se servira des regles & calculs donnés dans la seconde Partie de cet Ouvrage.

557. Quant à la matiere que l'on doit employer pour faire les balanciers, il est évident que celle-là est préférable, dont la pesanteur spécifique est plus grande, c'est-à-dire, qui sous le même volume contient une plus grande quantité de matiere ; car par ce moyen le balancier éprouvera une moindre résistance de l'air : or on sait que la pesanteur spécifique de l'acier est 7, 738 ; celle du cuivre 8, 784 ; de l'or 18, 166 : d'où l'on

voit que le cuivre eſt préférable à l'acier, & l'or au cuivre, puiſque ſous le même volume il contient plus du double de matiere. L'acier eſt donc le métal le moins propre à faire un balancier, par la raiſon qu'il eſt plus léger. Il y a encore une préférence à donner à l'or ou au cuivre; c'eſt que ces métaux ne ſont pas ſuſceptibles de l'action du magnétiſme comme l'acier, action ſeule capable de troubler les oſcillations du balancier, & par conſéquent la juſteſſe de la Montre: enfin l'or eſt préférable au cuivre, parce qu'il n'eſt pas ſujet à la rouille ou au verd de gris; d'ailleurs l'or ſe dilate moins que le cuivre; il eſt vrai qu'il ſe dilate plus que l'acier, comme nous le ferons voir; mais cette différence ne vaut pas la peine d'être miſe en ligne de compte, & d'autant moins, que le retard que pourroit cauſer l'effet de la dilatation du balancier peut être compenſé de la même maniere que je l'ai expliqué pour le ſpiral: (*Voyez ſeconde Partie, Chap. XXX*). On peut donc employer l'or avec ſuccès pour faire des balanciers: par ce moyen on détruira en partie l'effet de la réſiſtance de l'air, du magnétiſme, de la rouille, &c. mais il faut prendre de l'or allié avec le cuivre rouge, afin qu'il puiſſe être bien durci au marteau, pour éviter que le balancier ne ſe courbe facilement: l'or que j'emploie pour mes balanciers, eſt au titre de 18 carats.

De l'Echappement.

558. Nous ferons voir (*ſeconde Partie*), que plus un balancier décrit de grands arcs, plus il eſt propre à ſervir de régulateur: en effet, une Montre doit avoir une plus grande juſteſſe lorſque les vibrations du balancier ſont moins interrompues par le mouvement du tranſport: or on conçoit que plus ces vibrations ſe font avec vîteſſe, moins elles doivent ſe reſſentir de ce mouvement. Il faut donc faire les échappements de maniere que les arcs décrits par le balancier ſoient grands & toujours de la même étendue. Pour cet effet, il faut réduire à la plus petite quantité poſſible les frottements de l'échappement; il faut que les dents des roues d'échappement ſoient

le moins diſtantes qu'il eſt poſſible entr'elles, afin qu'il y ait une moindre traînée ſur la piece d'échappement, c'eſt-à-dire, ſur le cylindre dans l'échappement à repos, ou ſur la verge dans celui qui eſt à roue de rencontre; puiſque la largeur des palettes & le diametre du cylindre dépendent de la diſtance des dents des roues d'échappement.

Remarques ſur les Echappements de Montre à Roue de rencontre.

559. Nous ferons voir dans la ſeconde Partie, par le raiſonnement & l'expérience, que l'iſochroniſme des vibrations d'un régulateur dépend d'une certaine quantité de recul de l'échappement, relative à l'eſpace parcouru par la roue; d'où il ſuit qu'il eſt poſſible de faire un échappement à roue de rencontre, qui ſoit ſenſiblement iſochrone; car ſi l'on fait approcher les dents de la roue fort près du centre de la verge, on pourra le faire juſqu'à ce qu'on trouve un point, où le recul de la roue étant très-petit aura ce rapport donné avec le chemin de la roue; les oſcillations du balancier feront donc iſochrones.

560. L'échappement à roue de rencontre rendu iſochrone ne peut être employé en Pendule à cauſe des grands arcs qu'il exige.

561. Pour former l'échappement à roue de rencontre, en ſorte que la roue paſſe très-près du centre du balancier, il faudroit entailler les palettes, comme on le fait aux Pendules: on pourroit les rendre également ſolides en y ménageant de l'épaiſſeur.

562. Pour empêcher les renverſements ou battements de cet échappement, il faut ouvrir les palettes au-delà de l'équerre, c'eſt-à-dire, à environ 100 degrés.

563. Il faut avoir attention que les palettes ſoient parfaitement de même largeur; que l'axe de la roue de rencontre ſoit perpendiculaire à l'axe de la verge.

564. Si l'on laiſſe les dents de la roue de rencontre trop

fortes ou peu dégagées, les palettes sont sujettes à y frotter; pour remédier à cet inconvénient, on est obligé de donner trop de chûte à la roue; défaut qu'il faut avoir grand soin d'éviter.

565. Il faut observer que les Montres à roue de rencontre & à vibrations lentes sont très-défectueuses, par la raison que le balancier étant alors pesant, & ayant par conséquent beaucoup d'inertie, le mouvement du porté les rend sujettes aux battements; car ces sortes d'échappements ne peuvent faire décrire au balancier qu'environ 240 d. Or l'arc de vibration de la Montre ne differe que peu de 240 d, en sorte que la moindre secousse fait battre la cheville de renversement contre la coulisse: défaut que n'ont pas les Montres, dont les vibrations sont promptes & les balanciers légers: on doit leur faire battre environ 18000 vibrations par heure.

566. Nous observerons ici qu'il faut faire les roues de rosette les plus grandes qu'il est possible, afin que le rateau fasse un plus grand chemin, & que lorsque les huiles sont devenues épaisses, on ne soit pas obligé de raccourcir le spiral, mais qu'on puisse assez avancer l'aiguille de rosette pour régler la Montre: il faut aussi employer des ressorts spiraux qui fassent plusieurs tours, afin qu'un degré parcouru par l'aiguille de rosette ne fasse pas avancer ou retarder trop sensiblement la Montre. Les dessus de Montres angloises sont préférables aux nôtres par cette raison; la roue de rosette pouvant faire plusieurs tours, le rateau peut faire un grand chemin, ce qui réunit deux avantages; 1°. d'avoir un spiral plus long; 2°. le chemin que fait le rateau est plus que suffisant pour régler la Montre dans tous les temps, sans être obligé de toucher au piton & de raccourcir le spiral. On réunira ces deux avantages dans nos dessus de Montres, en employant une grande roue de rosette & un long spiral.

567. Si le coq d'échappement d'une Montre est trop mince, la chaleur & le froid pourront le dilater & le contracter, de sorte qu'il donnera trop ou trop peu de jeu au balancier, sur-tout si ce coq a été mal battu: cet effet sera donc

varier la Montre. Les pieces trop juſtes en cage ſont expoſées au même défaut : on ne peut donc avoir trop d'attention pour rendre toutes les pieces ſtables, & de donner le jeu convenables aux roues & aux balanciers ; en ſorte que malgré la variation continuelle de la matiere, la juſteſſe de la machine ne change pas ſenſiblement.

Du Rouage de la Montre.

568. La perfection d'un rouage conſiſte dans l'exactitude des dents des roues & pignons, qui doivent être tels que dans tous les points où ces roues & pignons ſe touchent, le moteur agiſſe avec une égale puiſſance ſur le régulateur. La perfection du rouage conſiſte encore à proportionner les diametres des roues & leurs peſanteurs à la groſſeur des pivots, à l'effort du moteur & au temps de la marche de la Montre.

569. Pour parvenir à remplir ces conditions, il faut, 1°. pour que l'engrenage ſoit bon & que les inégalités des courbes des dents ne puiſſent devenir ſenſibles ; il faut, dis-je, faire un pignon du plus grand nombre de dents poſſible : alors la menée ſe fera comme ſi la roue entraînoit le pignon par un ſimple attouchement. Pour ne pas augmenter les diametres des roues, en multipliant les dents des pignons, il faut augmenter le nombre des dents des roues ; car ſi petites qu'elles ſoient, leur force ſera toujours ſuffiſante pour l'effet qu'elles reçoivent du moteur ; d'ailleurs en devenant plus petites, elles deviennent plus courtes.

570. 2°. Il faut faire les roues les plus légeres qu'il eſt poſſible, ſans ôter cependant de leur ſolidité ; par ce moyen il en réſulte un moindre frottement ſur les pivots.

571. 3°. Il faut proportionner la groſſeur des pivots à la peſanteur des roues & à l'action qui les fait tourner ; ainſi les pivots de la grande roue moyenne étant immédiatement preſſés par le moteur, ces pivots doivent être plus longs & d'un plus grand diametre que les autres ; ils doivent diminuer en groſſeur

& en longueur, à proportion de la force qui les mene ; ainsi la force transmise sur les ailes du pignon de la roue d'échappement étant très-petite, ses pivots doivent être à proportion moins gros & plus courts : c'est une suite de la remarque sur le balancier.

572. L'engrenage de la roue de champ avec le pignon de rencontre exige beaucoup de soins ; il faut sur-tout avoir attention que la roue de champ n'ait pas de jeu en hauteur ; car si elle en avoit, l'engrenage seroit fort ou foible, selon que cette roue s'approcheroit de l'une ou l'autre platine : il faut par les mêmes raisons que cette roue soit forte, pour qu'elle ne puisse se courber ; car alors l'engrenage seroit alternativement fort ou foible.

573. Lorsqu'on dispose le calibre d'une Montre, il faut avoir grand soin qu'il n'y ait aucune piece qui passe dessus les trous des pivots, sans quoi cette piece attireroit toute l'huile contenue dans le réservoir, ce qui causeroit des frottements ; des pivots qui se rongent, &c. Il faut, par la même raison, que les roues & pignons soient un peu éloignés des pivots, c'est-à-dire, qu'il faut conserver, depuis le pignon jusqu'à la platine, un bout d'axe qu'on appelle *Tigeron*, qui empêche l'huile du pivot de s'extravaser pour aller dans le pignon.

574. Quant aux ponts & barrettes qui servent à donner des tigerons, je conviens qu'ils sont d'un bon usage lorsqu'ils sont parfaitement bien ajustés ; mais comme le nombre des Ouvriers soigneux & délicats dans les ajustements est très-rare, je conseille de supprimer, autant qu'il est possible, les pieces de rapport, & de s'en tenir aux simples platines : elles sont plus solides & plus faciles ; & pour conserver des tigerons, il ne faut que donner plus de hauteur à la cage.

575. Les contre-potences sont rarement bien faites, ainsi je préfere encore un simple piton.

576. Le garde-chaîne (*Planche VII, fig.* 1), qu'on appelle *à Plot*, est préférable à celui à simple ressort *G* (*Planche X, fig.* 4).

Du

Du Moteur de la Montre.

577. Enfin il faut que le moteur ou reſſort agiſſe toujours également ſur le rouage, & que la force qu'il tranſmet au régulateur ſoit toujours la même, ſans quoi celui-ci fera des vibrations inégales en durée, ſelon l'inégalité de la force qui le meut : pour y parvenir, il faut que la fuſée ſoit parfaitement égaliſée avec le reſſort (450).

CHAPITRE XXXII.

Des Cauſes qui font arrêter ou varier une Montre; avec la maniere de les reconnoître & d'y remédier.

578. LA théorie que nous donnerons ſur les Montres (*ſeconde Partie*) concerne particuliérement la diſpoſition la plus favorable qu'on puiſſe leur donner lorſqu'on les conſtruit. Nous avons été obligés d'omettre pluſieurs circonſtances particulieres de pratique, dont la connoiſſance eſt cependant fort importante : nous allons en expoſer ici quelques-unes ſur les cauſes de l'arrêt des Montres. Nous n'entreprendrons cependant pas de parcourir ici toutes les attentions qu'il faut mettre en uſage ; les détails en ſont infinis & nous entraîneroient trop loin ; il faut d'ailleurs ſuppoſer de l'intelligence dans l'Artiſte, ſans cela toutes les regles qu'on peut lui propoſer feroient inutiles.

579. Comme la puiſſance qui tend à faire mouvoir une Montre eſt extrêmement petite, il ne faut pas s'étonner s'il faut ſi peu de choſe pour arrêter cette machine. Ainſi pour faire la recherche des cauſes d'*arrêt* d'une Montre, il faut y apporter beaucoup d'attention, & s'être formé précédemment

une idée de fa conftruction & des principes de fes mouvements.

580. Si l'action du moteur ou reffort d'une Montre eft foible, & que la Montre étant dans un état de liberté, le moteur ne domine pas fur le régulateur ; il arrivera, lorfque les huiles commenceront à s'épaiffir & les trous des pivots à fe remplir de faletés, que le reffort ayant perdu lui-même de fa force, & qu'éprouvant une plus grande réfiftance de la part du rouage, il arrivera, dis-je, que la Montre s'arrêtera, la force motrice venant par-là à faire équilibre avec le régulateur ; cela arrivera fur-tout lorfque la Montre fera portée (153).

581. Une Montre s'arrête lorfqu'elle eft fale & que les huiles font épaiffies ; lorfque les engrenages font mal faits ; que les trous des pivots font trop juftes ; que les aiguilles font mal ajuftées & fe touchent, ou qu'elles frottent contre le cadran ou contre le cryftal.

582. Lorfque deux roues du mouvement font trop près l'une de l'autre ; lorfqu'elles fe touchent ou qu'elles frottent fur quelque piece ; lorfque le balancier s'approche trop près & touche, foit au coq foit à la couliflerie ; que la cheville du balancier, qui empêche le renverfement des palettes (dans l'échappement à roue de rencontre) eft trop courte, & qu'elle paffe par-deffus la coulifferie ; lorfque la coulifferie elle-même eft trop courte, & que dans ce cas le balancier a fait un plus grand chemin qu'il ne devoit, une des palettes s'étant pour lors engagée avec la dent de la roue de rencontre ; la Montre s'arrête.

583. Il arrive auffi que l'échappement étant trop jufte, l'extrémité ou l'angle des palettes refte fur la pointe d'une dent de la roue de rencontre.

584. Une Montre s'arrête par le trop de pefanteur du balancier ; mais en général, c'eft moins par la pefanteur du cercle, que par le trop de pefanteur des barrettes & du milieu, dont la preffion inutile fur les pivots caufe ces frottements confidérables, & exige un fpiral trop fort ; de forte

que cette réſiſtance fait équilibre avec la force motrice, ce qui fait arrêter la Montre : pour y remédier, il faut dégager le milieu du balancier, de même que les barrettes.

585. Voilà bien une petite partie des cauſes qui font arrêter les Montres ; mais il ne ſuffit pas de les indiquer, il faut découvrir quelle eſt la cauſe qui fait arrêter la Montre, & ſans attendre (comme font certains Horlogers) qu'une Montre s'arrête une ſeconde fois, pour juger de la cauſe qui l'a pu faire arrêter d'abord, il faut la chercher comme nous allons l'expliquer.

586. La premiere choſe qu'il faut faire, lorſqu'une Montre s'eſt arrêtée, c'eſt de voir, avant d'ouvrir le mouvement, ſi les aiguilles ne ſe touchent pas ; ſi celle des minutes ne touche point au cryſtal ; & ſi celle des heures, étant trop longue, ne touche point au quarré de la fuſée.

587. Il faut, après avoir examiné les aiguilles, les démonter ; & on verra ſi la roue de cadran n'a pas trop de jeu en hauteur, & ſi dans certaine poſition elle ne déſengrene point du pignon qui la mene ; enſuite on levera le cadran, & on verra ſi la roue de renvoi ne peut pas avoir trop de jeu ſous le cadran pour déſengréner de la chauſſée. On examinera les engrenages de ces roues de cadrans ; ſi le pignon de chauſſée ne touche point à la platine, ce qui cauſeroit un frottement nuiſible ; ſi les roues de cadrans ne ſe frottent point. On verra ſi la chauſſée tient bien à frottement doux ſur ſa tige, ſinon on la fendra, comme on l'a vu (190) ; & au moyen de l'outil dont nous avons parlé (481), on ſerrera la chauſſée pour produire ce frottement : il y a des Ouvriers qui ne font qu'entailler la chauſſée d'un côté, mais cela ne vaut rien ; elle doit être entaillée des deux & fendue, comme on le voit (*Planche IX, fig.* 4).

588. Ayant ouvert le mouvement, il faut bien examiner ſi les roues ne ſe touchent point, ſi le balancier n'approche pas trop près ou de la couliſſerie ou du coq, & ne frotte nulle part ; obſerver ſi les palettes du balancier ne ſont point renverſées ; ſi la cheville du renverſement ne paſſe point ſur

la coulifferie; fi le balancier eft libre, ce qu'il eft aifé de voir en donnant un léger mouvement à la Montre en la faifant tourner: fi en donnant ce mouvement, le balancier fe meut, on pourra juger qu'il n'y a point de renverfement du balancier, ni que la cheville n'a pas paffé fur la coulifferie; ainfi l'arrêt vient de l'intérieur du mouvement: ayant donné ce mouvement à la Montre, fi pour lors elle reprend fes vibrations & marche, ce fera une marque, ou que les palettes accrochent fur l'extrémité des dents de la roue, ou bien ce fera une preuve du peu de liberté des roues, du mouvement, ou de la foibleffe du reffort; alors pour s'en convaincre il faut *démonter* le mouvement de la Montre, & en faire l'examen.

589. Pour démonter le mouvement d'une Montre, on commencera (après l'avoir ôté de la boîte) par arrêter le rouage au moyen d'un *crin de broffe* ou d'un morceau de papier; on ôtera enfuite les vis du coq; on levera le balancier: pour cet effet, on ôtera le piton qui attache le fpiral à la platine; enfuite il faut retirer le *crin* ou papier qui arrête le rouage, qu'on laiffera *courir* jufqu'à ce que la chaîne foit développée de deffus la fufée; on démontera la coulifferie; on prendra une clef ou quarré de vis fans fin, avec laquelle on tournera la vis fans fin pour ôter la bande du reffort; & pour qu'en raffemblant les pieces de la Montre, pour la faire marcher après l'avoir *raccommodée*, on donne à ce reffort le même degré de tenfion (474), on verra la quantité dont l'arbre du barillet tourne; ôtant enfuite les goupilles qui affemblent les deux platines, on démontera le rouage, dont on fera l'examen comme il fuit.

590. Il faut revoir chaque engrenage, pour s'affurer qu'il n'y a ni accottement ni pignon trop petit: pour en juger, il faut faire tourner la roue & fentir fi elle fait mouvoir uniformément le pignon; s'il n'y a pas plus de réfiftance en un point de la roue qu'en un autre: pour mieux encore juger de la nature d'un engrenage, il faut voir la *menée* de la roue; & pour cela il faut faire des trous aux platines à côté des tiges, & directement au-deffus de l'engrenage.

591. Ayant examiné les engrenages, il faut mettre chaque roue dans la cage, obſerver ſi les trous ne ſont point trop juſtes, & laiſſent à la roue la liberté de tourner; ayant ſoin premierement de nettoyer les trous; voir ſi ces trous ne ſont pas trop grands, de façon que l'engrenage change, & que la roue n'eſt plus droite en cage.

592. Il faut obſerver le jeu de chaque roue dans la cage; & ſi, étant entraînée d'un côté, elle ne peut toucher à aucune piece, & les voir ainſi l'une avec l'autre, enſemble & ſéparément.

593. Il peut arriver que les roues ne ſoient pas bien rondes, & que dans certains moments l'engrenage eſt bon, enſuite trop fort, & enfin devient foible. On peut juger de ce défaut eſſentiel en mettant les roues ſur le tour, & en préſentant une pointe qui ne puiſſe que toucher les dents ſans les couper; comme, par exemple, une pointe de cuivre émouſſée: mais avant de faire cette épreuve, on peut voir ſi une roue eſt ronde en faiſant l'examen de l'engrenage; en regardant la nature de l'engrenage à chaque partie de la révolution de la roue, il eſt aiſé d'en juger; car ſi la roue n'eſt pas ronde, l'engrenage ſera alternativement fort & foible: on obſervera auſſi les groſſeurs des pignons, leur rondeur, &c.

594. Dans les Montres à roue de rencontre, il faut faire beaucoup d'attention au jeu de la roue de champ, & qu'elle tourne rond & droit (572).

595. Il faut examiner le reſſort, pour ſavoir s'il ſe développe bien & ſans frotter au fond ou au couvercle du barillet, en ôtant le couvercle du barillet & bandant le reſſort; & examiner ſi les lames ne ſe frottent pas; voir ſi la fuſée eſt égaliſée avec ſon reſſort: ſi cela n'eſt pas, on emploiera les méthodes que nous avons données (art. 467 & ſuivants).

REMARQUE.

596. Lorſque le reſſort d'une Montre vient à caſſer, il eſt très-eſſentiel d'en remettre un qui ait la force convenable &

relative à la pesanteur du balancier, à l'étendue des arcs de levée, &c. Nous donnerons, dans la seconde Partie, les moyens de refaire un ressort de la force convenable à la Montre. Voici une méthode que l'on peut employer lorsque la Montre est bien disposée & qu'elle va avec justesse: avant de démonter une telle Montre dont le ressort est cassé, il faut remarquer le degré de la rosette auquel l'aiguille est actuellement, & remettre un ressort qui soit tel que la Montre soit réglée, l'aiguille restant au même point: par ce moyen on sera assuré que sa force est la même que celle du ressort qui a été cassé.

597. En continuant la recherche des causes de l'arrêt d'une Montre, il faut voir le jeu de l'arbre de barillet, s'assurer que le barillet tourne librement, & que les trous ne sont pas trop grands, de sorte que le ressort étant monté la chaîne en tirant le barillet sur un côté, lui donne du revers, & le fasse frotter aux platines ou aux roues; avoir attention à mettre des barrettes au ressort, pour que, lorsqu'on le monte, il ne fléchisse à l'endroit où l'œil est formé, ce qui causeroit du frottement aux spires.

598. Observer que la *goutte* de la roue de fusée entre bien à force, pour qu'elle ne se lâche pas, & que la roue qu'elle retient ne puisse aller frotter contre les autres roues.

599. Par rapport au jeu des pivots des roues, il faut avoir attention à le donner, de sorte qu'il y ait de la place pour l'huile lorsqu'elle s'épaissit.

600. Si le barillet ou sa chaîne ne frotte point à la boîte lorsque le mouvement est fermé; si aucune roue ne touche à la boîte.

601. Si les roues ne sont pas trop pesantes, lors sur-tout que ce sont des roues d'échappement; si les pivots de balanciers ne sont pas trop gros & les trous trop minces; s'ils n'ont pas trop de jeu en hauteur, en sorte que les portées des pivots touchent au talon de potence ou au coqueret, ce qui est un très-grand défaut; si les pivots sont ronds & d'acier pur, sans fente ni paille.

602. Si le jeu des pivots de balancier en hauteur ne fait

pas passer la cheville de renversement sur la coulisse, ce qui fait arrêter la Montre, ou fait courir le rouage & estropie les dents de la roue de rencontre.

603. Si l'échappement n'a pas trop de chûte, ce qui fait perdre la force & tend à creuser les palettes ; s'il n'est pas trop juste, de maniere que les dents de la roue d'échappement accrochent sur l'angle des palettes ; si les chûtes sont égales ; si les pivots de balancier ne sont pas trop justes dans leurs trous, en sorte que l'huile épaissie en gêne le mouvement ; s'ils ne sont pas trop grands, en sorte que l'échappement étant alternativement fort ou foible, selon la position de la Montre, celle-ci varie.

604. Si le balancier est bien d'équilibre ; s'il tourne bien droit, & ne peut toucher au coq ou à la coulisse, dans quelle position que soit la Montre.

605. Si le mouvement étant mis dans la boîte, le coq ou coqueret ne touche pas au fond de la boîte, de sorte que le balancier en soit gêné.

606. Si le spiral est bien posé & plié, en sorte qu'en faisant mouvoir le rateau, il n'écarte en aucune façon le spiral, mais que celui-ci suive le chemin qu'on lui a tracé.

607. Si le spiral se meut dans le même plan ; si, lorsqu'on a levé le coq & la Montre étant posée horizontalement sur la *main*, le spiral ne fait pas pancher le balancier de côté ou d'autre, défaut essentiel ; car ce ressort pressant ainsi le balancier, il augmente le frottement sur les pivots.

608. Si les renversements du balancier sont bien faits, en sorte que, 1°. la coulisse n'étant pas assez limée, le balancier ne puisse décrire d'aussi grands arcs qu'il est possible, sans que la cheville de renversement batte à la coulisse, ou si, 2°. la coulisse étant trop limée, le renversement ne fait pas arrêter la dent de la roue de rencontre sur l'extrémité de la palette, & arrêter la Montre ; enfin si la cheville de renversement ne touche point aux barrettes posées sur la platine, ou bien au bout du rateau.

609. Une Montre ainsi examinée & réparée, il faut nettoyer les trous des pivots & les pivots, pour en rassembler

les pieces ([a]) & la voir marcher avec le balancier ſans ſpiral, (lorſque c'eſt une Montre à roue de rencontre). Si alors l'aiguille des minutes marque plus de 27 minutes par heure, c'eſt-à-dire, ſi à chaque heure la Montre retarde moins de 33 minutes, il faut, ou refaire un balancier, ou bien forcer l'échappement, afin de faire décrire de plus grands arcs au balancier : ſi elle marque moins de 25 minutes par heure, il faut diminuer le balancier.

610. On appelle cette opération *faire tirer le balancier pour le mettre de peſanteur :* ainſi dans cet exemple, il faut que le balancier tire 25 minutes par heure, c'eſt-à-dire, que ſans ſpiral il doit retarder de 35 minutes par heure. Une attention qu'il faut avoir en raſſemblant toutes les pieces d'une Montre à roue de rencontre, c'eſt que la roue de rencontre ſoit bien libre, juſte & ſans jeu, afin que l'échappement ſoit à ſon vrai point ; car ſi l'on n'approche pas aſſez la contre-potence (ou le piton), l'échappement aura plus de chûte qu'il ne doit, en ſorte que non-ſeulement la Montre avancera, mais auſſi qu'elle variera ; puiſque dans ce cas le régulateur ne ſera plus en rapport convenable avec le moteur, choſe très-eſſentielle, comme nous le ferons voir dans la ſeconde Partie.

611. Dans les Montres à cylindre on fera uſage des mêmes remarques ; quant aux rouages, pivots, &c. il n'y aura de différence que dans l'examen de l'échappement.

612. On verra ſi la roue de cylindre n'eſt point trop près ou trop éloignée du cylindre (412) ; s'il eſt trop ou trop peu entaillé (414) ; ſi les levées ſe font ſans frottement, c'eſt-à-dire, ſi les tranches du cylindre n'ont point d'angles qui déchirent les dents de la roue ; ſi le cylindre eſt bien de groſſeur (410 & 411) ; s'il n'eſt pas trop épais ; ſi le cylindre n'eſt point creuſé.

613. Si la cheville de renverſement du balancier s'arrête

[a] Lorſqu'on raſſemble ainſi les pieces d'une Montre ; on appelle cela ſimplement *remonter le mouvement :* opération qu'il ne faut pas confondre avec celle de remonter le reſſort ou moteur, pour le mettre en action ; on appelle cela remonter la Montre : lorſqu'on parle de *démonter le mouvement*, on entend toujours que l'on déſaſſemble les pieces de la machine.

ſur

ſur le repaire fait à la platine, en ſorte que la levée de l'échappement puiſſe ſe faire, c'eſt-à-dire, que le cylindre préſente une des tranches à la pointe de la dent, pour que celle-ci puiſſe l'écarter également des deux côtés (413).

614. On raſſemblera toutes les pieces de la Montre, & on verra ſi le balancier ne décrit pas de trop grands arcs au-deſſus de ceux de levée, ce qui prouveroit que le balancier eſt trop léger. La regle que l'on peut à-peu-près ſuivre, eſt de faire que l'arc total parcouru par le balancier ſoit trois fois plus grand que ceux de levée; c'eſt-à-dire, que ſi la levée d'échappement eſt de quarante degrés, le balancier mû par le rouage devra décrire 120 degrés à-peu-près: au reſte cela doit varier, comme nous l'expliquerons ſeconde Partie.

REMARQUES.

615. L'étendue des arcs ne prouve pas toujours la quantité de force motrice; car dans un échappement à cylindre, il pourroit fort bien arriver, que quoique le balancier fût léger, il ne parcourût pas de grands arcs, ſoit à cauſe du frottement du cylindre qui ſeroit creuſé, ſoit que le balancier étant petit & léger, les pivots gros, la roue empêchât le cylindre de décrire de grands arcs; car, par cette ſuppoſition, l'impulſion de la roue ſeroit détruite par les frottements de l'échappement. On peut s'en aſſurer à la ſeule inſpection de la machine; mais pour le mieux voir, il faudroit meſurer la force du reſſort, calculer les vibrations, l'étendue des arcs, le poids du balancier, &c. afin de le comparer, comme nous l'expliquerons ſeconde Partie.

616. Lorſque l'on a formé ou fait l'échappement à roue de rencontre, fixé la cheville de renverſement, & reculé la couliſſe, de maniere que les dents de la roue de rencontre ne puiſſent échapper des palettes par un renverſement, & qu'enfin le balancier puiſſe parcourir le plus grand chemin poſſible, alors il faut marquer un point ſur la platine en deſſous du cercle du balancier, qui marque l'endroit où la cheville doit s'arrêter,

lorſqu'on a mis le ſpiral & que celui-ci eſt en repos ; & il faut que ce point ſoit tel, que la levée de l'échappement tende également le ſpiral ; pour cet effet, on prendra un compas dont on poſera une pointe ſur un bout de la couliſſe, & on ouvrira l'autre jambe, de ſorte que la ſection qui ſe formera en traçant deux petits traits depuis chaque bout de la couliſſe, ſe trouve ſituée à l'extrémité du balancier ; cette ſection détermine le point ou *repaire* de la cheville de renverſement.

617. Ainſi toutes les fois qu'on touchera au ſpiral pour en changer la longueur, il faudra avoir attention de tourner la virole de maniere que la cheville de renverſement s'arrête à ſon repaire : en examinant une Montre, on verra ſi la virole de ſpiral eſt tournée convenablement pour remplir ces conditions, (d'arrêter la cheville à ſon repaire) : il eſt à propos de faire de pareils repaires aux Montres qui n'en ont pas, cela eſt très-commode pour les mettre dans *leur échappement* & d'une maniere très-exacte.

618. Les Montres à cylindre exigent auſſi que l'on place à l'extrémité du balancier une cheville pour empêcher le renverſement du balancier ; mais comme cet échappement permet au balancier de parcourir preſqu'un tour entier ou 360 degrés, on ne ſe ſert pas de la couliſſe pour faire ce renverſement, mais d'une cheville que l'on fixe à la platine. La cheville attachée ſur le balancier ne doit pas ſe placer ſur ſon plan, mais à ſa circonférence dans l'épaiſſeur du balancier, afin de ne pas élever le balancier plus qu'il ne feroit beſoin ſans cela ; puiſqu'il faudroit que cette cheville paſsât ſur la couliſſe, afin de permettre au balancier de décrire ſes plus grands arcs, qui ſont, comme j'ai dit, de près de 360 degrés (402), ce qui eſt un avantage, d'où l'on voit qu'il ne reſteroit point de couliſſe : il faut donc que la cheville, placée ſur le plan du balancier, paſſe par-deſſus la couliſſe.

619. Lorſque cet échappement eſt mal diſpoſé, il arrive que la roue ne permet pas au balancier de faire un tour ; dans ce cas, il faut placer deux chevilles à la platine, diſtantes entr'elles de la quantité requiſe.

620. Il eſt très-eſſentiel que le ſpiral ſuive la courbure ou chemin parcouru par les chevilles du rateau ; pour cela il faut avoir attention, en poſant la couliſſerie, de ne pas la placer concentriquement au balancier ; mais qu'elle rentre un peu, ſelon la courbure du ſpiral, afin que le chemin parcouru par les chevilles du rateau ſuive exactement la ligne ſpirale : le piton du ſpiral doit être poſé ſur cette même ligne ſpirale : par ce moyen le bout du reſſort ſpiral, étant fixé au piton, paſſera librement entre les chevilles du rateau & ſans brider de maniere quelconque, lors même que l'on avancera ou reculera le rateau ; parce que la portion de cercle qu'il décrira ſe confondra avec la portion correſpondante de la ſpirale que ſuit le reſſort.

621. Il faut placer les chevilles du rateau de maniere que le ſpiral paſſe juſte, entre ſans jeu ni gêne.

622. Lorſqu'on a percé les trous des chevilles ſur le rateau, il faut le marquer ſur la platine avec un forêt ; pour cet effet il faut faire tourner l'aiguille de roſette, & marquer des points à la platine de diſtance en diſtance ; ces points ſerviront à déterminer la courbure du ſpiral, lequel devra paſſer entre ces points ; ainſi quoique l'on faſſe mouvoir le rateau en avant ou en arriere, pour faire avancer ou retarder la Montre, le ſpiral ne ſera aucunement bridé par les goupilles du rateau.

623. Dans les Montres à répétition, il ne faut pas mettre d'huile aux canons des pieces de cadrature, (excepté à la grande poulie ſeulement) ; car lorſque l'huile s'épaiſſit, elle en empêche le jeu.

624. Il faut avoir grand ſoin qu'il ne puiſſe s'introduire de l'huile entre la ſurpriſe & le limaçon des quarts, ce qui arrive lorſqu'on en met trop aux pointes de l'étoile.

625. On peut éviter de mettre de l'huile aux dents de l'étoile, lorſqu'elle eſt faite de cuivre & le ſautoir d'acier, dans ce cas le frottement eſt doux.

626. Il eſt très-nuiſible que dans une Montre à échappement à roue de rencontre, l'huile ſe communique aux palettes,

lesquelles se creusent, ce qui cause de grandes variations à la Montre; souvent l'huile se communique aux palettes lorsqu'on met le balancier en place; la palette d'en-bas passant auprès du trou de la roue de rencontre, prend l'huile dont ce trou est rempli; & les dents de la roue de rencontre agissant sur cette palette emportent l'huile qui s'y arrête, y attirent les atômes, dont le broiement ronge la verge: pour prévenir cet effet, il ne faut pas percer en entier le trou du pignon de la roue de rencontre, mais le faire *foncé* (ou le recouvrir).

627. Il arrive aussi que la palette d'en-bas étant trop près du pivot, l'huile qui est dans le trou de celui-ci se communique à la palette; dans ce cas il faut reculer la palette autant qu'il est possible, afin de ménager un *tigeron* qui éloigne l'huile de la palette.

628. C'est un très-grand défaut aux Montres à cylindre de ne pouvoir marcher sans huile; car l'huile changeant continuellement de fluidité, les frottements varient selon cette mobilité de l'huile; & lorsque l'huile est coagulée, la Montre arrête.

629. C'est une très-mauvaise méthode que de souder les assiettes des verges du balancier à l'étain; elles sont sujettes à se déranger; il faut les souder comme les assiettes des pignons, avec de la soudure d'argent.

630. Lorsque l'on trempe les pignons, ils se courbent ordinairement; pour les redresser, les Ouvriers se servent d'un marteau tranchant, ce qui est une mauvaise méthode; car dès que les marques du marteau sont enlevées, ils se recourbent de nouveau: il vaut beaucoup mieux redresser un pignon par les pointes que l'on lime & rejette de côté jusqu'à ce que le pignon soit droit.

631. Il faut employer du cuivre bien pur, net & battu, pour reboucher les trous des pivots; les pivots doivent être un peu faits en pointe, à-peu-près de la forme de *l'écarissoir & alaisoir*.

632. On pourroit essayer si, en faisant rouler les pivots de balancier dans des trous faits avec du métal de timbre d'Angleterre, cela ne diminueroit pas le frottement.

633. Voilà en gros les ſoins d'exécution que l'on doit employer pour réparer les Montres : une partie de ces ſoins peuvent auſſi s'appliquer aux finiſſages ; ils ſont ici placés ſans ordre : je laiſſe le ſoin aux Ouvriers de les mettre en leurs places. Lorſqu'on a ainſi revu & examiné une Montre, il faut la nettoyer bien proprement avant d'en raſſembler toutes les parties.

CHAPITRE XXXIII.

Examen des cauſes qui font arrêter & varier les Pendules.

634. JE DIVISERAI ce Chapitre en deux Parties : la premiere traitera des cauſes qui font arrêter les Pendules ; la ſeconde, de celles qui les font varier.

PREMIERE PARTIE.

635. Une Pendule arrête, 1°. lorſque la force motrice n'eſt pas proportionnée à la grandeur des arcs de vibration que fait décrire l'échappement au Pendule ou lentille.

636. 2°. Lorſque les roues ſont grandes & peſantes, & que les frottements qu'elles cauſent ſur leurs pivots détruiſent une trop grande partie de la force motrice, qui devient trop petite, comme dans la premiere remarque.

637. 3°. Une Pendule arrête lorſque les engrenages ſont mal faits, & que la force motrice ſe perd par les chûtes, ou ſe détruit par les accottements, ou qu'un engrenage n'a pas aſſez de jeu.

638. 4°. Lorſque les pivots des dernieres roues ſont trop gros, & que les frottements qu'ils cauſent diminuent une trop grande partie de la force motrice.

639. 5°. Lorſque les pivots des roues ſont trop juſtes dans leurs trous, ſoit par les ſaletés ou l'épaiſſiſſement des huiles, ſoit par les trous de pivots qui ſont trop petits; dans l'un ou dans l'autre cas, la force motrice étant détruite, n'eſt plus aſſez grande pour entretenir la vibration du Pendule.

640. 6°. Lorſque les trous des pivots ſont trop grands, de maniere que les portées des pivots entrent ou creuſent ces trous, & cauſent des frottements conſidérables qui détruiſent la force motrice.

641. 7°. Une Pendule arrête, lorſque l'échappement eſt mal fait, lorſqu'il accroche, lorſqu'il eſt trop juſte, ou qu'ayant trop de chûte, toute la force de la roue n'eſt pas employée à le faire mouvoir; que les arcs de levée ſont inégaux; que la force de la roue ſe décompoſe, de maniere qu'une partie tend à mouvoir, & l'autre eſt détruite, ce qui arrive particuliérement dans les échappements à ancre mal faits. Il arrive que cette décompoſition de force de la roue ſur l'ancre cauſe des frottements, ce qui ôte le poli des parties, les déchire, &c. dès-lors la force eſt détruite & la Pendule arrête.

642. Je ne dois pas omettre une cauſe aſſez ſinguliere, qui fait arrêter une Pendule à poids, comme par exemple, une Pendule à ſecondes, dont les poids & la lentille ſont enfermés dans une boîte étroite, comme cela eſt aſſez ordinaire. Lorſque le poids ou moteur de la Pendule eſt ſuſpendu à une ſimple corde, il arrive que lorſqu'il eſt deſcendu d'environ trois pieds, l'air que met en mouvement la lentille par ſes vibrations, agite le poids & lui fait faire des vibrations, leſquelles augmentent au point que le poids parcourt, en ſens contraire de la lentille, des eſpaces auſſi grands que le Pendule; ce qui agite tellement l'air contenu dans la boîte, que le mouvement de la lentille ſe détruit inſenſiblement, & que l'Horloge finit par arrêter. Or on voit que c'eſt l'air réfléchi par les parois de la boîte, qui cauſe cette vibration du poids, & que, ſelon la conformation des côtés de la boîte, le poids vibre lorſqu'il eſt ſuſpendu de la hauteur de trois pieds, plus haut ou plus bas, ſelon le point où ſe réfléchit l'air; ce poids ſe met ſur-

tout en vibration, lorſqu'il approche d'avoir la même longueur que celle du Pendule ([a]); d'où il ſuit que l'air ſeul ne contribue pas aux vibrations du poids, mais que les oſcillations de la boîte y ont part : ainſi il eſt eſſentiel de fixer très-ſolidement le point de ſuſpenſion du Pendule, pour qu'il ne puiſſe pas agiter la boîte : enfin on voit, 1°. que ſi la boîte étoit fort grande, cette agitation de l'air par la lentille n'auroit pas lieu, je l'ai confirmé par l'expérience ; car ſi l'on ouvre la porte de la boîte, l'air n'eſt plus réfléchi par les côtés, dès-lors le poids ceſſe de vibrer, & l'Horloge continue de marcher : 2°. que plus les arcs parcourus par la lentille feront grands, & plus l'air en ſera agité : 3°. que ſi l'on fixe le poids de maniere qu'il ne puiſſe vibrer, le mouvement de la lentille ne ſera plus interrompu, & la Pendule n'arrêtera pas : cela eſt encore confirmé par l'expérience.

643. Il y a donc deux moyens de prévenir cet arrêt de l'Horloge : le premier, en empêchant l'action de l'air ſur le poids ; pour cet effet, il ne faut qu'attacher à la boîte une eſpece de tuyau de fer blanc, au travers duquel puiſſe ſimplement deſcendre le poids : le ſecond, c'eſt de mouffler le poids ; ainſi il ſera ſuſpendu de maniere qu'il ne pourra pas vibrer & qu'il reſtera immobile, puiſqu'il ſera ſuſpendu par deux points : mais cela n'étant pas encore ſuffiſant, on placera, entre la lentille & le poids, une planche mince un peu inclinée à la verticale ; le poids en deſcendant appuiera légerement ſur cette planche, en ſorte qu'il ne pourra plus vibrer ni interrompre le mouvement du Pendule.

644. Enfin une cauſe d'arrêt des Pendules eſt la diminution de la force du reſſort & de l'épaiſſiſſement des huiles ſur les ſpires du reſſort, ce qui retranche de la force & fait arrêter le Pendule.

645. Après avoir parlé en gros des cauſes d'arrêt des Pendules, il eſt à propos de dire deux mots des moyens propres

[a] C'eſt par le même méchaniſme, que lorſqu'on fait raiſonner une corde d'un inſtrument de muſique, toutes celles qui ſont à l'uniſſon raiſonnent auſſi ſans qu'on y touche.

à les corriger ; pour cela il faut d'abord chercher, par l'examen de chaque partie, quelle est celle qui cause l'arrêt.

646. Si les roues sont trop pesantes, il faut les *dégager* & les rendre légeres, donner la liberté requise aux pivots, de maniere que les roues tournent aisément ; refaire les engrenages, s'ils sont *mauvais ;* ôter les accrochements ou les chûtes de l'échappement ; rendre les levées de l'échappement uniformes & égales ; repolir les parties de l'échappement, si elles sont creusées ; nettoyer les ressorts, si c'est une Pendule à ressort ; remonter ainsi le rouage & le faire marcher.

647. Pour s'assurer que la force motrice n'est pas trop petite pour le régulateur, on remontera le ressort d'un demi-tour, & on menera la lentille, de maniere que les dents de la roue d'échappement ne fassent que passer, & l'on abandonnera le Pendule à lui-même : si le Pendule ainsi mis en mouvement, continue de marcher, on sera sûr que l'Horloge n'arrêtera plus, & que la force motrice est suffisante ; si au contraire l'Horloge s'arrête, c'est une marque qu'il n'y a pas assez de force motrice, ou, ce qui revient au même, que les arcs que fait parcourir l'échappement sont trop grands, ou la lentille trop pesante relativement à la force motrice.

648. Le meilleur moyen qu'on puisse employer pour lever cet obstacle, lorsque les arcs des vibrations sont fort grands, c'est de les diminuer : pour cet effet, on donnera une moindre inclinaison à la piece d'échappement ; & si les arcs de levée ne sont pas fort grands, & que la lentille soit trop pesante, on peut, dans les ouvrages ordinaires, diminuer la lentille ; car pour les Horloges à secondes ou qui sont construites sur ce principe, la pesanteur de la lentille est une chose sacrée à laquelle on ne doit jamais toucher.

649. Il y a un troisieme moyen d'empêcher l'arrêt d'une Pendule, lorsque toutes les causes internes sont corrigées, & que c'est par le manque de force du moteur : c'est d'en augmenter la force ; mais on doit être bien circonspect pour l'employer ; car en général c'est celui auquel ont recours les ignorants, & c'est celui aussi qui tend davantage à détruire la machine

machine, puisque plus la force motrice est grande, & plus aussi la pression sur les pivots augmente; par conséquent les frottements en sont plus grands.

REMARQUE.

650. Une chose très-essentielle dans toutes les machines quelconques, & singuliérement dans celles d'Horlogerie, c'est de proportionner la solidité des pieces à l'effort qu'elles ont à vaincre. Lorsqu'une machine est bien composée, il faut y joindre ce rapport; car sans cette précaution elle remplit très-mal ses effets : cette connoissance tient à deux choses; la premiere, au calcul de l'effort ou action de chaque partie de la machine; la seconde, à la force que peut soutenir un métal donné, de telle dimension, &c. J'ai vu des Horloges de M. Rivaz, dont la fourchette étoit si mince & si flexible, que l'action du rouage, au lieu de se communiquer au Pendule, se consumoit à faire fléchir & courber la fourchette, en sorte que l'Horloge arrêtoit; & en y substituant une fourchette plus solide, elle marchoit. En donnant la solidité convenable aux rouages & pieces quelconques d'une machine, il faut éviter un autre défaut; c'est de ne pas donner plus de masse qu'il n'est besoin, afin de ne pas augmenter les frottements inutilement. Par rapport aux frottements, il faut, pour les rendre constants, proportionner la longueur & la grosseur des pivots à la pesanteur des roues, & à la force qui les meut; ainsi la premiere roue d'un rouage qui doit avoir de gros & longs pivots, doit être forte relativement à l'action de la force motrice; & les autres roues doivent diminuer à proportion de la diminution de la force. Il faut sur-tout appliquer cette Remarque aux verges de Pendule, construites pour corriger les effets du chaud & du froid : & c'est ce que nous ferons dans la seconde Partie de cet Ouvrage : nous y ferons voir que la bonté de ces sortes de verges dépend singuliérement du rapport de leur grosseur avec le poids de la lentille. L'Horloge marine que nous avons construite, a servi à nous confirmer de plus en plus la nécessité de ces combinaisons. Venons maintenant aux causes de variations des Pendules.

SECONDE PARTIE.

Des Causes de variations des Pendules.

651. Il faut distinguer les causes des variations des Pendules & les considérer sous divers points de vue : il y a des causes de variation qui sont produites par la mauvaise exécution des Pendules ; & il y en a qui sont nécessairement attachées à la nature même des Horloges. Il est donc à propos de diviser cet article en deux sections : la premiere traitera des variations propres aux Pendules : la seconde, de celles qui sont causées par l'emploi des mauvais principes & des mauvaises exécutions.

I. *Des variations produites par la nature même de l'Horloge.*

652. La lentille ou Pendule, comme on l'a dû remarquer en plusieurs endroits de cet ouvrage, est le régulateur d'une Horloge ; ainsi la justesse de l'Horloge dépend de la constance des vibrations du Pendule, & celles-ci dépendent des différentes longueurs de la verge qui porte la lentille : l'uniformité des vibrations dépend encore du plus ou moins de résistance qu'éprouve la lentille dans l'air : enfin les temps des vibrations dépendent encore de l'uniformité du moteur, & de la force transmise par la derniere roue au régulateur. On sait par expérience, que tous les corps s'allongent par le chaud, & s'accourcissent par le froid ; & qu'ainsi une lentille fait des vibrations plus lentes lorsqu'il fait chaud, & plus promptes quand il fait froid : on sait aussi par l'expérience du barometre que l'air est plus ou moins pesant, & chargé de parties qui résistent au mouvement des corps qui s'y meuvent ; ainsi le Pendule d'une Horloge fait des vibrations plus ou moins grandes, selon qu'il trouve plus ou moins de résistance dans l'air : cette derniere cause ne doit s'entendre ou s'appliquer qu'aux Pendules, dont les lentilles sont grandes, légeres, & qui parcourent de grands arcs.

653. Enfin le rouage d'une Horloge agiſſant dans le moment actuel avec une certaine force ſur le régulateur, cette force changera au bout de quelque temps par les frottements, & par les épaiſſiſſements des huiles; mais les vibrations du Pendule ſont plus grandes ou plus petites, ſelon que la force tranſmiſe au régulateur eſt plus ou moins grande; ce qui change l'étendue de ces vibrations.

654. Enfin les Pendules varient par les inégalités de la force motrice, lorſque celle-ci eſt un reſſort.

655. Il faut obſerver que ces cauſes de variations que nous venons de remarquer, & qui ſont inſéparables de la nature des Pendules, peuvent être diminuées conſidérablement.

656. 1°. En appliquant à l'Horloge un Pendule compoſé, qui corrige les effets du chaud & du froid ſur la verge : nous traiterons cette matiere fort au long dans la ſeconde Partie.

657. 2°. En faiſant une lentille peſante qui ait peu de ſurface & beaucoup de *ſolidité.*

658. 3°. En tenant les roues qui compoſent le rouage de l'Horloge fort petites & légeres, relativement à l'effort qu'elles ont à vaincre, on réduira les frottements à la moindre quantité.

659. 4°. En donnant au moteur une force ſeulement capable d'entretenir le mouvement du Pendule, & en rendant cette force conſtante.

II. Des Cauſes de variations des Horloges, produites par la mauvaiſe conſtruction & la vicieuſe exécution.

660. Les Pendules ordinaires ſont tellement diſpoſées, que tout concourt à les faire mal aller, & que tous les vices ſont accumulés. En effet, une lentille légere qui a beaucoup de ſurface, peu de peſanteur, qui parcourt de grands arcs, & eſt ſuſpendue par un fil, eſt le régulateur ordinaire d'une Horloge à reſſort: or une lentille légere obéit aiſément à l'impreſſion du moteur; ainſi un reſſort agiſſant avec des degrés de force différents, ſelon qu'il eſt au haut ou au bas, le Pendule doit

alternativement décrire de grands & de petits arcs, felon les impreffions du moteur, & doit par ce moyen faire avancer ou retarder l'Horloge. (*Voyez feconde Partie, les Chapitres XVI & XVII qui traitent des Horloges à reffort*).

661. Les différentes réfiftances de l'air feront infiniment plus d'effet fur une lentille légere qui décrit de grands arcs, que fur une lentille pefante.

662. Une telle lentille fufpendue par un fil éprouve des variations caufées par l'humidité & la féchereffe de l'air, ce qui allonge ou raccourcit le Pendule, & le fait avancer ou retarder.

663. La verge du Pendule dans les Horloges à reffort ordinaires, eft un fil de fer très-flexible & facile à courber, de forte que fa longueur eft plus ou moins grande, felon que le fil de fer eft plus ou moins droit; par conféquent en faifant nettoyer une Horloge qui étoit réglée, (quoique la verge ne fût pas droite) fi celui qui nettoie la Pendule s'avife de redreffer cette verge, l'Horloge ne fera plus réglée.

664. Si les trous du coq, au travers duquel paffe la foie qui fufpend la lentille, font trop grands, le point de fufpenfion fera variable, & changera felon que la lentille décrira de plus grands ou de plus petits arcs.

665. Les engrenages dans les Horloges ordinaires font faits avec une très-grande négligence: des petits & de gros pignons, des engrenages trop foibles, de trop forts, des courbes, des dents inégales, &c. des roues mal rondes, &c. Tels font conftruits la plupart des ouvrages: les Ouvriers s'imaginent que la lentille doit corriger toutes les inégalités qui en réfultent, ce qui feroit en effet, fi le régulateur étoit puiffant; mais ceux qui négligent ainfi des parties effentielles d'une machine, ne font pas en état d'entendre comment doit être le régulateur.

666. Dans la même machine on trouve, outre les défauts précédents, de grandes roues, pefantes, peu nombrées & indifféremment; des gros & des petits pivots, qui ne font jamais proportionnés au poids des roues & à leur vîteffe. De-là réfultent de très-grands frottements: les huiles qui fe deffechent

plus vîte par les petites parties de matiere que le frottement détache des trous & des pivots ; de-là s'ensuivent les inégalités de la force transmise au régulateur ; les grands & petits arcs de la lentille, & par conséquent les temps différents des vibrations, l'avance ou retard de la Pendule.

667. Enfin les échappements de ces machines sont aussi mal disposés que le reste : des roues d'échappements mal rondes, inégales, dont les dents ne sont ni adoucies ni polies, & qui font sur l'échappement l'effet d'une lime ; les inégalités de levée ; une partie de la force de la roue d'échappement détruite sans tendre à mouvoir ; les chûtes qui creusent les pieces d'échappement ; la force perdue par les chûtes, force qui ne tend qu'à détruire : de-là naissent encore des impressions différentes sur le régulateur, des variations, &c.

668. Je n'ai fait que parcourir & indiquer les causes de variations des Horloges à Pendules ; s'il eût fallu m'arrêter sur chacune, cela m'auroit mené trop loin ; d'ailleurs les principales parties seront traitées dans la seconde Partie de cet Ouvrage.

CHAPITRE XXXIV.

De la maniere de juger des nouvelles productions en Horlogerie.

669. C'EST un malheur pour les bons Artistes Horlogers, que le Public ne puisse juger du mérite de leurs productions, & qu'il évalue ordinairement de telles machines, non selon leur mérite propre, mais selon le point de vue où l'Auteur les lui présente. Or soit ignorance de la part de l'Auteur, soit enthousiasme pour ses découvertes imaginaires, soit enfin mauvaise foi, chaque piece nouvelle qu'on publie est annoncée comme une merveille ; en sorte que si l'expérience ne démentoit pas

ces expreſſions ampoulées, on ſeroit tenté de croire que par le nouveau chef-d'œuvre que l'on vante, l'Horlogerie eſt portée à ſon dernier point de perfection.

670. Or il arrive de-là que le Public qui croit aiſément ces miracles, achete ces nouveautés, & finit par en être dupe; que ſouvent le Fabricateur de ces choſes ſingulieres acquiert une réputation qui le conduit à vendre beaucoup, & par conſéquent à augmenter ſa fortune, de ſorte que d'autres cherchent à s'enrichir en ſuivant la même route, qui eſt très-facile; c'eſt-à-dire, en faiſant de mauvaiſes machines qui en impoſent aux ignorants; & on néglige ainſi inſenſiblement les moyens qui conſtituent la juſteſſe. En effet, ſi l'on compare ces nouvelles Montres ou Pendules de différents échappements, à un mois, à un an, &c. ſi, dis-je, l'on compare ces Montres & Pendules avec celles qu'on faiſoit il y a vingt ans; on verra que du côté de la juſteſſe on n'a preſque rien acquis: ce qu'on a gagné a été de faire des choſes ſingulieres.

671. Il me paroît cependant qu'il eût été préférable de laiſſer là toutes ces idées d'inventions nouvelles, & de chercher plutôt à faire de bonnes machines.

672. Il ſeroit donc à ſouhaiter que le Public pût juger lui-même du mérite de chaque invention, & diſtinguer l'Artiſte du Charlatan: pour cet effet, il ſeroit à propos de bien établir en quoi conſiſte la juſteſſe des Montres & de quoi elle dépend; quelles ſont les cauſes des variations qui ſont néceſſairement attachées, non à la conſtruction, mais à la nature même de la Montre: en comparant ainſi une Montre d'une conſtruction particuliere avec les principes fondamentaux ſur leſquels les Montres doivent être conſtruites, on pourroit pour lors décider de ſa bonté.

673. Pour pouvoir juger d'une nouvelle compoſition de Montre, il eſt donc à propos d'en comparer chaque partie avec celles qui ſont en uſage, & avec les principes établis; & de voir ſi l'on a diminué ou évité quelqu'une des cauſes d'inégalité, ou ſi, en voulant en retrancher une, on n'a pas augmenté une autre, &c. En procédant de la ſorte, on jugera

avec justesse du progrès de l'Art, & on ne sera pas la dupe des avantages apparents que savent si bien présenter les faiseurs de nouvelles machines.

674. En réduisant ainsi ces productions à leur juste valeur, les Artistes s'attacheront davantage à faire des choses réellement bonnes; le Public ne sera pas trompé, & l'Art se perfectionnera. Je conviens que, pour bien juger d'une machine, il faut être Artiste, & que le nombre en est assez rare; mais en faisant appercevoir aux Ouvriers la route qu'ils doivent suivre pour faire de bons ouvrages & pour en pouvoir juger, & au Public jusqu'à quel point il doit compter sur l'annonce d'un nouvel ouvrage, ce sera déja avoir fait un pas pour leur apprendre à juger sainement.

675. Enfin le temps fera le reste; car à mesure que l'Horlogerie se multipliera, on acquerra de nouvelles connoissances; le Public s'accoutumera à en juger par lui-même.

676. En attendant que ce Public veuille s'instruire & prendre une teinture d'Horlogerie pour décider par lui-même, comme il fait pour les ouvrages de Peinture, il est à propos de lui indiquer comment il peut estimer une nouvelle composition de Montre ou de Pendule : je l'ai déja prévenu qu'il faut se défier de tous les avantages apparents présentés par un Auteur, quel qu'il soit; car, ou cet Auteur s'aveugle sur son ouvrage, ou il veut tromper; les approbations de l'Académie même ne doivent pas toujours servir de fondement pour fixer la bonté d'une machine; car quoiqu'il y ait des Membres de l'Académie très-en état de juger des pieces d'Horlogerie, ces Messieurs, pour favoriser les progrès des Arts, sont obligés de louer les Artistes qui leur présentent de nouvelles choses, quand même elles ne seroient pas toujours bonnes. Les Artistes d'ailleurs ont l'art de faire valoir les approbations de l'Académie, comme si elles tomboient sur la totalité de l'ouvrage, tandis qu'elles ne roulent ordinairement que sur quelque changement dans une piece; & comme si cette approbation étoit l'effet de l'admiration de cette Compagnie, à la vue & après l'examen de la machine qu'on lui a présentée, tandis que ce

n'eſt qu'une eſpece d'encouragement qu'elle prétend donner à l'Auteur, pour l'engager à perfectionner de plus en plus l'art relatif à cette machine.

677. On ne peut s'en rapporter au jugement d'un Horloger, ſur la production de ſon Confrere; car ſon intérêt & ſon amour-propre le fera dépriſer ce qu'il n'a pas fait, & ſouvent ſon ignorance le met hors d'état de juger; mais voici la ſeule maniere non équivoque de n'être pas trompé par l'Auteur d'une nouvelle compoſition (que je ſuppoſe honnête homme & de bonne foi); c'eſt de ſuſpendre ſon jugement ſur une pareille machine, & d'attendre, pour en faire l'acquiſition, que l'enthouſiaſme d'Auteur ſe ſoit refroidi, & qu'il voie ſon invention ſous ſon vrai point de vue.

678. Enfin il faut attendre qu'une nouvelle machine ſoit adoptée & imitée par les bons Artiſtes; pour lors on peut hazarder l'achat d'une pareille machine, (ſoit Montre ou Pendule), dont les principes different de ceux qui étoient précédemment reçus.

679. En ſuivant cette méthode, on verra ainſi quantité de nouvelles productions ne faire que paroître par leurs annonces ſeules, & ne durer que comme des étincelles qu'on a à peine le temps d'appercevoir: cette méthode d'apprécier une nouvelle ou une prétendue découverte eſt même la ſeule à ſuivre; car il eſt rare que pluſieurs habiles gens ſe trompent; & malgré la prévention contre tout ce qu'ils n'ont pas fait, ils adopteront enfin des méthodes qui ne ſont pas les leurs, pour peu qu'ils les trouvent avantageuſes pour la perfection de leurs ouvrages.

680. Il faut remarquer, par rapport aux ouvrages d'Horlogerie, qu'il ne ſuffit pas d'établir de bons principes, qu'il faut encore que l'exécution en ſoit facile, & que toutes les parties ſoient ſolides, en ſorte que les Ouvriers ordinaires puiſſent nettoyer une Montre ſans riſque de la détruire, & même refaire les pieces qui pourront avoir éprouvé quelque accident. Ces conditions ſont d'une néceſſité indiſpenſable dans les Montres ſur-tout, dont l'uſage devient eſſentiel dans les

les voyages, & que nous envoyons chez l'Étranger : or ſi une Montre eſt compoſée de ſorte que l'exécution en ſoit difficile, il arrivera que paſſant entre les mains d'un Ouvrier médiocre, celui-ci, au lieu de la raccommoder, l'eſtropiera, & que ce ſera une Montre perdue pour celui à qui elle appartient ; il en réſultera à la longue un dégoût pour l'Horlogerie, de maniere qu'une Montre de Geneve & de Suiſſe ſera préférée à celle d'un habile homme, & que notre Horlogerie Françaiſe ſera détruite.

681. Il eſt donc eſſentiel pour le bien de l'Art, & pour celui du Public, que les Horlogers s'appliquent à faire de bons ouvrages, ſolides & de facile exécution ; mais il eſt auſſi eſſentiel de faire obſerver au Public, qu'il n'eſt pas poſſible qu'un Artiſte faſſe de bons ouvrages ſans que le prix en augmente, & que la perfection d'un ouvrage entraîne néceſſairement un plus haut prix ; enfin qu'il n'y a pas moins de différence d'une Montre mal faite à une bonne, que d'un méchant tableau à celui d'un grand Maître : or réduire tous les ouvrages d'Horlogerie à une même valeur, & n'en faire aucune différence, c'eſt obliger les habiles gens à faire de mauvais ouvrages.

682. Le Public a été ſi ſouvent abuſé & trompé par l'expoſé de la ſimplicité d'une Montre ou Pendule, qu'il eſt à propos de faire entendre en quoi conſiſte la ſimplicité d'une machine.

683. Ce n'eſt point en diminuant le nombre des pieces qu'on ſimplifie une machine ; c'eſt ſeulement en diminuant les effets : or ſi l'on retranche des pieces & que les effets ſoient les mêmes, il faudra qu'une même piece produiſe pluſieurs effets (ſouvent oppoſés) ; dès-là cette piece devient difficile à exécuter, en ſorte que le moindre changement dans la machine lui fera manquer ſon effet, la piece même étant faite avec des ſoins extrêmes ; & cela ſera à plus forte raiſon, ſi elle eſt mal exécutée : or cela ne ſeroit pas arrivé ſi l'on eût conſervé l'ancien méchaniſme ; car il y a une compoſition propre à chaque machine, au-delà de laquelle il eſt dangereux

d'aller ; ainſi ce qu'on gagne en ſimplicité, on le perd en ſolidité & en facilité d'exécution : on peut donc ſe défier avec raiſon de la plupart de ceux qui annoncent, qu'ils ont ſimplifié une machine, tandis qu'ils n'ont fait qu'en dénaturer les effets & les rendre moins ſolides.

684. Par exemple, qui retrancheroit une roue d'une Montre, dont le balancier doit battre le même nombre de vibrations qu'elle battoit auparavant, & diroit l'avoir ſimplifiée, ſeroit cru du Public, & en impoſeroit cependant, ce qu'il eſt aiſé de prouver. Soit (*Planche VI*, *fig.* 2), la Montre en queſtion, de laquelle on retranche la petite roue moyenne *D*, (cette Montre bat 14,400 vibrations par heure) ; les nombres de dents de ces roues ſont de la roue *C*, 60 dents, & le pignon *b*, où elle engrene, 6 ; la roue *D*, 48, le pignon *c*, 6 ; la roue *E* porte 42 dents, & le pignon *e* de la roue *R* (*fig.* 5) où elle engrene a 7 dents ; la roue *R* a 15 dents ; la ſomme des dents des roues & pignons ſera 184 dents : or en retranchant la roue *D* de maniere que la Montre ne ſoit plus compoſée que des roues *C*, *E*, *R*, (*fig.* 2 & 5) & des pignons *c*, *e*, les nombres des roues *C*, *E*, *R* deviendront la roue *C*, de 96 dents, le pignon *c*, 6, la roue *E*, 70, le pignon de rencontre 7 ; enfin la roue de rencontre *R* aura 45 dents ; la ſomme des dents de ces roues & pignons ſera donc 224 ; ainſi en retranchant une roue *D*, loin de ſimplifier la Montre, elle ne fera que le même effet qu'elle faiſoit auparavant, qui eſt de faire battre 14,400 vibrations par heure, & le rouage ſera compoſé de 40 dents de plus qu'il n'avoit auparavant ; & ſi les dents des nouvelles roues *C*, *E*, *R* ſont de la même groſſeur que celles des roues *C*, *D*, *E*, *R*, ces roues *C*, *E*, *R* devroient être fort grandes ; en ſorte que la peſanteur de ces trois roues ſurpaſſera celle de 4 roues ; or les vîteſſes de ces deux rouages ſeroient les mêmes ; ainſi le rouage ſuppoſé ſimplifié auroit par-là plus de frottement, conſéquemment il en réſulteroit de plus grandes variations dans la machine, &c. C'eſt ainſi que très-ſouvent les machines qu'on dit être plus ſimples, ſont en effet plus compoſées & moins bonnes.

685. Enfin on peut poſer pour regle générale, que toutes

les fois que l'on verra dans une Montre une augmentation d'ouvrage qui ne tendra pas à la rendre meilleure, ou à en augmenter les effets, on pourra décider à coup sûr que celui qui l'a faite eſt un ignorant, qu'il eſt de mauvaiſe foi, & qu'il veut en impoſer aux perſonnes qui ne s'y entendent pas.

CHAPITRE XXXV.

Des Barometres & Thermometres à Aiguille.

686. QUOIQUE les Barometres & les Thermometres n'entrent que comme acceſſoire ou d'ornement dans les Pendules, nous avons cru que beaucoup de perſonnes ſeroient curieuſes de ſavoir le méchaniſme des Barometres & Thermometres à aiguille, dont on fait actuellement uſage, & comment on doit les exécuter : c'eſt par cette raiſon que nous en parlons ici.

Du Barometre.

687. Le Barometre eſt un inſtrument qui ſert à indiquer la peſanteur & l'élaſticité de l'air : *Toricelly* eſt l'inventeur du Barometre ſimple. Le Barometre ſimple eſt un tuyau de verre de trente pouces de longueur, ouvert par l'extrémité inférieure & fermé hermétiquement par la ſupérieure ; on le remplit de mercure par ſon ouverture, puis on le renverſe de ſorte que cette ouverture ſoit plongée dans un vaſe où il y ait aſſez de mercure pour la recouvrir : ou bien c'eſt un tuyau recourbé & évaſé en forme de fiole du côté de l'ouverture, afin qu'étant rempli de mercure, puis renverſé, de ſorte que reſtant perpendiculaire à l'horizon, l'extrémité bouchée étant placée en haut, le mercure qui reſte dans la fiole faſſe le même effet que le vaſe dont on vient de parler.

688. La hauteur moyenne de la colonne du mercure qui reſte ſuſpendue dans le tuyau ou *tube*, comptée depuis ſon ſommet juſqu'au niveau du mercure qui reſte dans le vaſe ou dans la fiole, eſt à Paris de 27 pouces 9 lignes environ. Cette hauteur varie ſelon l'élévation des lieux: par exemple, ſur le bord de la mer elle eſt de 28 pouces; & elle devient d'autant plus petite que l'on eſt plus élevé au-deſſus du niveau de la mer : ſur les hautes montagnes, comme les Alpes ou les Pyrénées, elle n'eſt que de 18 à 19 pouces. Dans un même lieu le mercure monte & baiſſe, ſelon les variations de l'atmoſphere, c'eſt-à-dire, ſelon que l'air eſt plus ou moins chargé de vapeurs, ſelon les vents, &c. C'eſt cette propriété du Barometre qui ſert à prévoir le beau temps & la pluie, uſage ordinaire du Barometre.

689. Le tube doit être aſſez long, pour que la colonne de mercure aboutiſſe au bout qui eſt fermé: il doit reſter un intervalle auſſi parfaitement purgé d'air qu'il eſt poſſible, ſans quoi la colonne de mercure ſe tiendroit d'autant moins haute, & les variations de l'atmoſphere ſeroient marquées d'autant moins réguliérement qu'il y auroit plus d'air contenu dans cet eſpace.

690. Le vaſe ou la fiole qui eſt au bout inférieur du tube doit avoir un diametre environ dix fois plus grand que celui du tube; c'eſt ſur la ſurface du mercure que contient ce vaſe ou bouteille que l'atmoſphere fait une preſſion dont la quantité détermine la hauteur de la colonne ſuſpendue.

691. Pour rendre plus ſenſibles les variations du Barometre, les Phyſiciens en ont conſtruit différentes ſortes, afin de pouvoir eſtimer le moindre changement qui arrive dans l'air : nous nous contenterons de rapporter celui dont l'invention eſt attribuée au Docteur Hoock, renvoyant ceux qui deſireront s'inſtruire de cet objet aux ouvrages de Muſſchenbrock, où cet excellent Phyſicien a traité fort au long de ce qui concerne le Barometre, & les cauſes de ſes variations: on peut auſſi conſulter le Docteur Deſaguiliers.

692. *ABC* (*Planche XIV, fig. 6*) repréſente le tube de ce

Barometre à cadran & à aiguille; ce tube recourbé par en bas porte le cylindre *C*, de même grosseur que le cylindre supérieur *A*; la longueur totale de ce tube est de 36 pouces, le diametre des cylindres doit être environ de 5 lignes, celle du tube de 8 lignes; par ce moyen on réduit beaucoup les frottements, que cause le mouvement du mercure contre les parois du tube: ainsi le moindre changement dans l'air fait monter ou descendre le mercure, sur-tout si l'espace qui reste au-dessus du mercure dans le cylindre supérieur est bien vuide d'air, & que le mercure soit bien pur.

693. Lorsque le Barometre ordinaire parcourt 2 pouces, celui-ci n'en parcourt que la moitié; car les deux cylindres étant de même grosseur, il arrive que, lorsque le mercure contenu dans le cylindre inférieur descend d'un pouce, le mercure contenu dans le cylindre supérieur monte d'un pouce, & comme la hauteur de la colonne se mesure depuis la surface du mercure du tube inférieur, la colonne est devenue par ce changement de 2 pouces plus grande qu'elle n'étoit, quoiqu'elle n'ait parcouru qu'un pouce; si donc on plaçoit une échelle à côté d'un des cylindres, il faudroit qu'elle fût graduée par des divisions ou parties, moitié plus petites que celles du Barometre ordinaire; mais on n'emploie ce tube de Barometre, que pour faire mouvoir une aiguille fort grande qui augmente considérablement l'espace parcouru, & rend sensible le moindre changement ou mouvement du mercure.

694. Pour cet effet, on fait poser sur la surface du mercure du cylindre inférieur un petit poids fait de bois *de fer* ou d'ébene dont le poids est d'environ 36 grains: ce poids est attaché à un bout d'un fil de soie, dont l'autre bout tient à une poulie *D* à deux rainures vue en plan (*fig.* 6), & en profil (*fig.* 8); l'autre bout de ce fil est attaché à la rainure sur laquelle il s'enveloppe. La seconde rainure de cette poulie porte un fil pareillement attaché à un trou percé au fond de la rainure, l'autre bout de ce fil porte un contre poids *f*, dont la pesanteur doit être moitié du poids qui pose sur le mercure, c'est-à-dire, de 18 grains, lorsque le poids est de 36.

695. La poulie est fixée sur un axe ou tige qui porte deux pivots, dont l'un roule & est saillant dans une plaque qui porte un cadran, tel que celui (*fig.* 7), ce pivot prolongé porte une aiguille semblable à celle (*fig.* 7). L'autre pivot de l'axe de la poulie roule dans un trou fait à un pont, ce qui forme une cage à cette poulie.

696. La circonférence du fond de la rainure de la poulie doit être exactement d'un pouce & demi pied de Roi; pour l'exécuter juste de cette grandeur, il faut faire un nœud à un fil ou soie de la grosseur que l'on doit employer pour porter les poids; on coupera le fil au-dessus du nœud, en sorte qu'il ait exactement 1 pouce $\frac{1}{2}$ de longueur; on diminuera la rainure de la poulie jusqu'à ce que le bout du fil se joigne au nœud; par ce moyen, si l'on divise le cadran en trois parties, chacune correspondra aux divisions du Barometre ordinaire; car tandis que le Barometre ordinaire parcourt 3 pouces, celui à aiguille parcourera 1 pouce $\frac{1}{2}$, c'est-à-dire, que l'aiguille fera une révolution.

697. Ainsi en marquant sur le cadran 26, 27, 28 & 29 pouces, si lorsque le Barometre ordinaire est sur 28 pouces, on tourne l'aiguille sur les 28 pouces du cadran; quand le Barometre ordinaire marquera 27 pouces, l'aiguille de celui à aiguille sera sur les 27 pouces. On peut diviser l'intervalle entre chaque pouce du cadran en 12 parties, qui représentent des lignes; & si ce cadran a, je suppose, 8 pouces de diametre ou environ 24 de circonférence, on pourra encore subdiviser l'intervalle entre chaque partie qui représente les lignes en 12 autres parties, qui représenteront des douziemes de lignes.

698. On place ordinairement à Paris, sur le 28e pouce du Barometre, le temps variable; on peut le placer de même sur le cadran, & ainsi des autres époques de la pluie & de beau temps, comme sur le Barometre commun; comme on peut aussi placer une aiguille ou index qui tourne à frottement, que l'on fera tourner à la main, & qu'on placera à la même division où est actuellement l'autre aiguille; de cette maniere on

ſaura combien le Barometre varie d'un inſtant à l'autre.

699. La petite partie ſaillante *g* du tube ſert à le remplir; pour cet effet, on renverſe le tube de haut en bas, & au moyen d'un entonnoir de verre, en verſant le mercure bien pur, il deſcend & remplit le cylindre & en chaſſe l'air; mais pour mieux purifier le mercure, il faut le faire chauffer, & introduire dans le tube un petit fil de fer qui deſcende juſqu'au fond du cylindre : à meſure que le mercure s'échauffera, on fera tourner le fil de fer, ce qui fera ſortir l'air du tube; on fera ainſi bouillir le mercure juſqu'en *a*, alors on mettra du mercure en rempliſſant le tube juſqu'en *g*; mais il faut avoir attention de ne pas introduire de mercure pendant que le tube & le mercure qu'il contient eſt chaud, parce qu'il feroit caſſer le tube; enſuite on ſcellera la partie *g* dont on s'eſt ſervi pour introduire le mercure: on peut ſe contenter de faire entrer un petit bouchon de liege dans cet orifice, & de le ſceller avec de bonne cire d'Eſpagne; mais le mieux eſt de le ſceller à la lampe avec un chalumeau, parce que le verre, en ſe fondant, bouchera l'ouverture *g*.

700. Cela étant fait, on renverſera le tube, & pour lors le mercure contenu dans le tube ſupérieur deſcendra, & la colonne ſe mettra en équilibre avec l'atmoſphere : ſi le mercure deſcend trop bas dans le tube, on en fera entrer de nouveau par le cylindre inférieur, afin que le mercure ſe trouve placé à-peu-près dans le milieu de la longueur des cylindres, comme on le voit en *c* (*fig. 6*).

Du Thermometre à Aiguille.

701. La figure 7 repréſente un Thermometre à aiguille & cadran, que je compoſai en 1756: le méchaniſme eſt le même que celui du Barometre; mais le tube differe de celui de Thermometres ordinaires, en ce qu'il eſt ouvert pour y introduire un petit poids qui poſe ſur le mercure.

702. Le tube ou cylindre de ce Thermometre a 3 lignes de diametre, il eſt rempli de mercure depuis *b* juſqu'en *a*, le ſurplus des tubes recourbés eſt rempli d'eſprit-de-vin, dont la dilatation eſt plus grande que celle du mercure. J'ai donné cette

forme aux tubes, afin de rendre le Thermometre plus ſenſible aux moindres changements de l'air, & j'ai donné par ce moyen plus de ſurface : on voit que l'air étant plus froid le mercure deſcend ainſi que le poids, ce qui fait tourner la poulie & l'aiguille que ſon axe prolongé porte.

703. Cette aiguille marque ſur le cadran *BC* les degrés de température, de la même maniere que le mercure ou l'eſprit-de-vin du Thermometre ordinaire le fait ſur une échelle graduée.

704. Ce cadran eſt diviſé en 90 parties ou diviſions, que je fais correſpondre au Thermometre de M. de Réaumur : pour cet effet, lorſque le tube *ab* eſt rempli de mercure, & les cylindres recourbés *a*, *c*, *d*, d'eſprit-de-vin, je les plonge dans la glace pilée, & après les y avoir laiſſé aſſez de temps pour que le mercure & l'eſprit-de-vin ſoient au terme de la glace, je marque ſur le tube le point *b*, où le mercure s'y arrête ; je me ſers pour cela d'un fil qui enveloppe le tube, & que je fais monter & deſcendre juſqu'à ce qu'il ſoit arrêté parfaitement au point où eſt la ſurface du mercure ; enſuite je place ce tube à côté d'un bon Thermometre gradué ſelon les diviſions de M. de Réaumur ; je place l'un & l'autre dans un lieu où la température ſoit d'environ 12 ou 15 degrés au-deſſus de la glace ; je marque alors, comme pour la glace, & par le même moyen, le point où le mercure y monte ; je meſure l'intervalle entre les deux fils ou points donnés ; (je ſuppoſe cet intervalle de 6 lignes) ; je fais la proportion & dis : Si pour 15 degrés parcourus par le Thermometre, le mercure eſt monté de 6 lignes, combien devra-t-il monter pour 90 degrés du même Thermometre ? Je trouve 36 lignes : c'eſt donc le chemin que feroit le mercure dans le tube, tandis qu'un Thermometre, ſelon M. de Réaumur, parcourroit 90 degrés. Cette quantité détermine la circonférence du fond de la rainure de la poulie ; ainſi en prenant un fil de ſoie, auquel on donne pour longueur 36 lignes, on fera la circonférence de la poulie de la grandeur requiſe, ſi on la diminue juſqu'à ce que ce fil l'enveloppe en entier.

705.

705. On marquera ſur le cadran de ce Thermometre, comme ſur ceux ordinaires, chaud, tempéré, froid de tels ou tels lieux, &c.

CHAPITRE XXXVI.

Des Opérations de la main-d'œuvre pour l'exécution des Pieces d'Horlogerie.

706. La matiere que je traiterai dans ce Chapitre ſera aſſez inutile aux Horlogers, puiſqu'il n'eſt ici queſtion que de quelques opérations de la main, objet aſſez connu aujourd'hui; ainſi afin qu'ils ne me blâment pas de m'être arrêté à des choſes qui leur ſont très-familieres, je commence par les prévenir qu'ils peuvent paſſer ce Chapitre ſans le lire. Mais pluſieurs Amateurs de Méchaniques m'ayant demandé ſouvent de joindre à mon Ouvrage quelques-uns des moyens d'exécution que l'on emploie en Horlogerie, j'ai cru devoir le faire en leur faveur, & je m'y ſuis d'autant plus volontiers déterminé, que j'ai vu nombre de perſonnes nées avec d'heureuſes diſpoſitions pour les Méchaniques, & qui n'ont pu cultiver leur talent naturel, faute des ſecours qu'ils ont cherchés inutilement dans les livres.

707. Je m'arrêterai ſimplement à l'exécution de l'Horlogerie en Pendule, & me contenterai d'indiquer les principales opérations; mais elles ſeront ſuffiſantes pour conduire les Amateurs & les appliquer ou à des inſtruments de Phyſique, & même à l'exécution de petites machines, comme les Montres, ſur-tout aidés par l'habitude de réfléchir ſur leurs opérations. D'ailleurs, quand même un Amateur voudroit parvenir à faire d'auſſi petites machines, il ſeroit toujours à propos qu'il commençât par l'Horlogerie en grand, par les raiſons que nous avons expliquées dans le *Diſcours préliminaire*: l'habitude feroit le reſte.

708. Nous prendrons ici pour exemple, l'exécution d'une Pendule à répétition, en la prenant dès la matiere brute, & en la conduisant jusqu'au point de lui donner le mouvement; & nous nous arrêterons ensuite à l'exécution de l'échappement à repos de Graham pour faciliter ceux qui desireroient faire une Horloge à secondes: ainsi j'ai choisi ici les machines qui réunissent les principales opérations de l'Horlogerie, & à l'aide desquelles on pourra passer plus loin.

De la disposition ou plan de la Machine.

709. Avant que d'entreprendre l'exécution d'une machine quelconque, il faut en avoir la distribution arrangée dans la tête, en concevoir bien les effets: alors on en fait le plan, ce que les Horlogers appellent *tracer le calibre.*

710. Je suppose donc que l'on veut exécuter une Pendule à ressort à répétition, qui aille 15 jours sans remonter: il faudra en faire le calibre, c'est-à-dire, tracer sur un carton la position de chaque piece de l'Horloge, roues, &c. pour cet effet il faudra rechercher, par les méthodes que nous expliquerons dans la seconde Partie, les nombres convenables à donner aux roues d'une pareille Horloge.

711. On observera, en déterminant ces nombres, qu'il faut tenir les roues les plus petites qu'il est possible, afin de diminuer leur pesanteur, & par conséquent les frottements; mais en conservant cependant les dents assez fortes pour l'effort qu'elles ont à vaincre: il est sur-tout essentiel que la roue de barillet soit épaisse & qu'elle ait de grosses dents: en voici à-peu-près la proportion établie par l'usage. Une roue de barillet du mouvement d'une Horloge à 15 jours, qui a 2 pouces de diametre & 2 lignes d'épaisseur, peut porter 80 dents; on pourroit lui en donner un plus grand nombre, mais il seroit dangereux de le faire, non pas que l'on eût à craindre que la simple action du ressort pût les courber ou casser; mais lorsqu'un ressort vient à casser, il arrive très-souvent que par le choc qu'il produit, les dents du barillet, ou celles du pignon dans lequel il engrene, cassent; quelquefois même un ressort cassé fait sauter

les dents du barillet & du pignon, ou le pivot de la roue de longue tige. C'eſt par ces raiſons qu'il ne faut pas trop nombrer les barillets, ni faire de longues dentures à ces roues & à leurs pignons ; il ne faut pas non plus que les dents de la roue & du pignon ſoient trop vuides : les mêmes obſervations ſerviront pour les dents de la grande roue moyenne & du pignon de longue tige ; on doit ſur-tout en faire uſage lorſque le barillet doit ſervir à un rouage de ſonnerie ; car alors le reſſort moteur doit néceſſairement être plus fort, afin de faire frapper le marteau avec force ſur le timbre ; & ſi un tel reſſort vient à caſſer, il produit des effets plus violents encore.

712. Cela entendu, voyons la maniere dont il faut diſtribuer le rouage de l'Horloge pour la faire aller 15 jours : je ſuppoſe que l'on veut le placer dans un cartel, dont l'ouverture de la lunette permet d'employer une cage qui ait 4 pouces de diametre & qui ſoit ronde ; dans ce cas le barillet pourroit avoir environ 2 pouces de diametre, (*voyez Planche V, fig.* 1); car il faut qu'il paſſe vis-à-vis du pignon de longue tige, lequel doit néceſſairement être au centre de la cage pour que les aiguilles ſoient au centre du cadran, on voit même que le barillet déborde un peu la cage : or dans un barillet de 2 pouces, on peut employer un reſſort, qui, ayant une force convenable, puiſſe avoir 6 tours de bande utile ; car il faut qu'il faſſe dans ce cas 7 tours $\frac{1}{2}$, pour ne pas le remonter juſqu'au haut ; & ne pas le laiſſer développer juſqu'au bas : on aura par ce moyen un reſſort, dont l'action ſur ce rouage ſera moins inégale ; pouvant donc faire 6 tours, il faut, ſelon ce que l'on ſe propoſe, que ces ſix tours de bande utile puiſſent faire marcher la machine pendant 15 jours ; or on voit que ſi l'on faiſoit engrener la roue de barillet immédiatement dans le pignon de longue tige, la roue de barillet ne pouvant avoir que 80 dents, & le pignon en ayant, je ſuppoſe 6, celui-ci feroit 13 $\frac{1}{3}$ tours pour un du barillet, leſquels étant multipliés par 6, nombre de tours du reſſort, on auroit 80, qui exprimeroit le nombre de tours que la roue de longue tige feroit pendant les ſix tours du barillet : or la roue de longue tige

doit porter l'aiguille des minutes, & par conséquent rester une heure à faire un tour; ainsi cette machine n'iroit que 80 heures sans monter, c'est-à-dire, 3 jours 8 heures; on sera donc obligé d'employer une roue intermédiaire *C* entre le barillet & la roue de longue tige, afin de faire aller l'Horloge 15 jours. Quoique nous ayons parlé assez au long dans notre seconde Partie, de la maniere de trouver les nombres qu'il faut donner aux roues, nous employons ici une méthode simple, pour ne pas interrompre la marche que l'on doit suivre.

713. Il faut chercher combien 15 jours contiennent d'heures, afin de savoir combien en 6 tours de barillet la roue de longue tige doit faire de tours: on multipliera donc 15 par 24^h. & on aura 360, nombre d'heures ou révolutions de la roue de minutes en 15 jours; & pour savoir combien la roue de longue tige fait de tours pour un du barillet, on divisera 360 par 6, & on aura 60; & selon la méthode du Chapitre VIII, seconde Partie, on prendra tous les diviseurs premiers de 60.

714. Ainsi divisant 60 par 2, on aura 30, lequel divisé par 2 on a 15, qui ne peut plus être divisé par 2; on le divisera donc par 3; on aura 5 pour quotien, & comme 5 n'est divisible que par 5, 5 sera le dernier diviseur premier.

715. On a donc pour diviseurs de 60, 2, 2, 3, 5: que je partage en deux lots 2, 3; 2, 5; multipliant les nombres d'un même lot l'un par l'autre, on aura $\frac{6}{1}$ & $\frac{10}{1}$ qui exprimeront le nombre de tours que doit faire la roue de minutes pour un de la grande roue moyenne, & celle-ci pour un du barillet: or pour n'avoir pas une roue de barillet trop nombrée, je choisirai $\frac{6}{1}$ pour l'exposant du barillet: ainsi en employant un pignon de 12 pour engrener dans le barillet, je multiplierai $\frac{6}{1}$ par 12 & j'aurai $\frac{72}{12}$, dont le numérateur désigne le barillet, & le dénominateur, le pignon; voulant employer pour la longue tige un pignon de 8, je multiplierai $\frac{10}{1}$ par 8, j'aurai $\frac{80}{10}$; ainsi 80 désigne la grande roue moyenne, & 10 le pignon de longue tige; on aura donc des roues telles qu'on les demandoit. Passons aux roues qui doivent régler la marche de l'Horloge en entretenant le mouvement du Pendule.

716. Je suppose que le Pendule puisse avoir 9 pouces $\frac{1}{4}$ environ de longueur ; on trouve dans la Table des longueurs, à la fin de la seconde Partie, qu'un tel Pendule bat 7200 vibrations par heure : on prendra d'abord la roue d'échappement à volonté ; mais on observera que pour faire un bon échappement, il faut que les dents de cette roue soient beaucoup plus distantes entr'elles que celles des autres roues, & d'autant plus que cette roue est la plus petite du rouage, & doit être légere pour diminuer le frottement ; ainsi, au lieu que dans les autres roues on peut employer jusqu'à 80 dents, celle-ci n'en doit avoir que depuis 25 jusqu'à 33 ; on ne peut y en mettre 36 sans en augmenter le diametre ; je suppose ce diametre de 10 lignes, qui sera une bonne grandeur, & qu'on lui donne 30 dents pour avoir environ une ligne de distance entr'elles : on a vu (26) que chaque dent produit 2 vibrations au Pendule ; ainsi chaque tour de la roue en produit 60 : si donc on divise le nombre 7200 des vibrations du Pendule en une heure par 60, on aura le nombre de tours que devra faire la roue d'échappement pour un de la roue de longue tige : on trouve que 7200 divisé par 60 donne 120, ainsi le rochet d'échappement doit faire 120 tours pour un de la roue des minutes. On sera donc obligé de placer une roue intermédiaire entre la roue de longue tige & le rochet d'échappement ; car pour que la roue de longue tige pût engrener immédiatement dans le pignon de la roue d'échappement, en ne donnant à celui-ci que 6 dents, la roue de longue tige devroit en avoir 720, ce qui est impossible ; on y en emploiera donc deux ; & pour en trouver les nombres, on se servira de la méthode précédente : on prendra les diviseurs premiers de 120 qui sont 2, 2, 2, 3, 5, qu'on partagera en deux lots pour deux roues, comme 2, 2, 3 & 2, 5 ; ou bien 2, 2, 2 ; 3, 5 ; mais les premiers sont préférables, parce qu'ils fournissent des roues dont les nombres different moins l'un de l'autre : on a donc 2, 2, 3 = $\frac{12}{1}$ & 2, 5 = $\frac{10}{1}$; ainsi en employant des pignons de 6, on aura $\frac{72}{6}$ & $\frac{60}{6}$: on prendra 72 pour la roue de longue tige, & 60 pour celle de champ. On pourroit prendre la roue 60 pour celle de

longue tige; mais il faut remarquer que de même que les roues doivent aller en décroiſſant de grandeur à meſure que leurs vîteſſes augmentent, de même le nombre de leurs dents doit diminuer auſſi, afin de proportionner les dents aux efforts: il n'y a que le barillet, qui étant la plus grande des roues, n'eſt cependant pas la plus nombrée par les raiſons que nous en avons données.

717. Voici donc les nombres qu'il faut donner à ce rouage de l'Horloge, qui eſt néceſſairement compoſé de 5 roues, comme on le voit (*Planche V, fig.* 1): la roue de barillet *B* de 72 dents engrene dans le pignon *b* de 12 dents, qui porte la grande roue moyenne *C* de 80 dents, & qui engrene dans le pignon de longue tige *c* de 8 dents, ſur lequel eſt rivée la roue de longue tige *D* de 72 dents qui s'engrene dans le pignon *d* de ſix dents, ſur lequel doit être fixée la roue de champ *E* de 60 dents, qui engrene dans le pignon *e* de ſix ailes, ſur l'axe duquel eſt fixé le rochet d'échappement *F* de 30 dents: on aura donc ainſi le rouage d'une Horloge propre à marcher 15 jours ſans remonter, avec un reſſort qui fera 6 tours, & le Pendule fera 7200 vibrations par heure, & aura 9 pouces 2 lignes $\frac{2}{11}$ de longueur.

718. Cela ainſi trouvé, on tracera ſur un carton la roue de barillet; on marquera avec un crayon un trait concentrique au barillet de la grandeur du rochet; on aura la premiere & la derniere roue; & comme entre ces deux il y a trois roues intermédiaires, on diviſera l'eſpace 1, 5 en trois parties, par leſquels on décrira les circonférences 2, 3, 4, qui donneront aſſez bien les grandeurs convenables des roues *C*, *D*, *E*, que l'on tracera ſur le calibre, en leur donnant la poſition marquée par la figure. La poſition de la roue *D* eſt donnée puiſqu'elle doit être au centre de la cage; celle du barillet eſt auſſi donnée, ainſi la poſition de la roue *C* devient par-là déterminée; il n'y a que par rapport au côté où elle doit être placée, qui doit être à l'oppoſite du rouage de répétition, pour qu'elle ne le gêne pas. Les roues *D*, *E*, *F* doivent être placées ſur la ligne prolongée qui paſſe par le centre de la cage & du barillet;

par ce moyen le trou de remontoir ſe trouve ſur 6 heures, & l'ancre d'échappement ſe trouve placé à l'extrémité de la cage; ce qui eſt un avantage, par la raiſon que le centre de ſuſpenſion devant coïncider avec celui de l'ancre, on donne par ce moyen une plus grande longueur au Pendule.

719. Par rapport aux nombres de dents qu'il faut placer ſur les roues qui doivent former le rouage de la répétition, pour régler l'intervalle entre les coups de marteau, il n'eſt pas néceſſaire d'en faire la recherche, parce que ces nombres ſont les mêmes à toutes les pieces, & qu'on ne peut pas les trouver par des regles immédiates, comme pour le rouage de l'Horloge; car quoique le volant ſoit ce qui détermine en partie la vîteſſe du rouage *LMNV*, le volant reſtant le même, ainſi que les dents du rouage, il tournera cependant plus vîte, ſi le reſſort moteur eſt plus fort, & au contraire; effet que n'éprouve pas le Pendule : ce n'eſt donc que par l'expérience que l'on a déterminé les nombres de ces roues; & que pour corriger les inégalités de vîteſſes produites par les différents reſſorts, on fait des volants plus larges ou plus étroits, &c.

720. On change encore la vîteſſe du rouage d'une répétition (& de même d'une ſonnerie) en faiſant engrener plus ou moins le pignon de volant dans ſa roue; ſi l'engrenement eſt profond, cela ralentit la vîteſſe; & au contraire : pour cet effet, on fait rouler le pivot de volant dans le trou excentrique d'une vis de laiton qui tourne à frottement ſur la platine, de ſorte que ſelon qu'on fait tourner cette vis, on fait approcher ou éloigner le pignon de la roue.

721. Voici les nombres que l'on emploie communément pour le rouage d'une répétition de Pendule : on donne à la roue *L* 72 dents; elle engrene dans un pignon *f* de ſix ailes qui porte la roue *M* de 60 dents; elle engrene dans un pignon *g* de 6 dents, ſur l'axe duquel eſt fixée la roue *N*; celle-ci a 54 dents, & engrene dans le pignon *h* de volant de ſix ailes.

722. Nous avons dit (106) que la roue de cheville *G* doit porter 12 chevilles pour faire frapper les heures & trois pour les quarts; cette roue doit donc porter 15 chevilles;

mais il faut obſerver qu'elles ne ſont pas placées à égales diſtances, & que par conſéquent il ne faut pas ſeulement diviſer cette roue en quinze parties, mais en un plus grand nombre; car, 1°. pour bien diſtinguer les heures d'avec les quarts, il faut qu'après que la derniere heure a frappé, il y ait un intervalle plus grand qu'entre les ſimples heures, pour aller au premier quart; on diviſera donc cette roue *G* en 17 parties, dont 12 ſeront pour les heures: entre la derniere cheville & la premiere qui doit ſervir au quart, on paſſera une diviſion ſans y mettre de cheville; on laiſſera trois diviſions pour les chevilles des quarts, & il reſtera un intervalle entre la derniere cheville des quarts & la premiere des heures, où il n'y aura pas de cheville; ainſi toute la circonférence de cette roue *G* de cheville ſera employée utilement, en laiſſant de plus grands intervalles entre les chevilles, ce qui facilitera l'exécution de la répétition, les baſcules, &c.

723. On tracera donc ſur le calibre le rouage de la répétition, de maniere qu'il ne gêne pas celui de l'Horloge; mais pour régler la poſition de la roue *G*, il faut avoir égard à la conſtruction que l'on veut donner à la cadrature. Suppoſons que l'on veuille employer celle de la (*fig.* 2), qui eſt bonne, on placera ſur le calibre la roue *G*, comme elle eſt dans la (*fig.* 1): pour faciliter l'exécution, on pourra tenir les roues plus grandes qu'elles ne ſont marquées dans la (*fig.* 2), il ſuffit qu'elles ne gênent pas le rouage du mouvement; il n'y à que la roue *G* qui ait une poſition fixe; on peut faire aller les roues *M*, *N*, *V* de quel côté que l'on veut: on peut bien changer auſſi la poſition de la roue *G*; mais dans ce cas il faut changer toute la diſpoſition de la cadrature.

724. Le plan ainſi tracé, on marquera auſſi la place des piliers, qui ſeront au moins au nombre de quatre; car lorſque les platines ſont fort grandes, il en faut placer un dans le milieu auprès des roues, pour rendre la hauteur de la cage invariable: en diſtribuant les piliers, il faut en placer toujours deux auprès du barillet. Lorſque les Pendules ſont à roues de rencontre, il faut auſſi en placer près de la roue

de

de champ ; en général il faut placer les piliers près des roues.

725. Ce plan repréſentera donc l'intérieur de la platine des piliers, & la (*fig.* 2), le dehors de l'autre platine.

726. On tracera de l'autre côté du carton les roues de cadran, comme elles ſont vues (*fig.* 3) en donnant à ces roues des nombres qui ſoient tels, que pendant que la roue de longue tige *D* (*fig.* 1 & 4) fait 12 tours, (ainſi que la chauſſée *m*, *fig.* 3 & 5 qu'elle porte) la roue de cadran *C* en faſſe un. Pour cet effet, voici les nombres les plus convenables : roue de cadran *C*, 72 dents, menée par le pignon *r* de la roue de renvoi qui en aura 6, & fera par conſéquent 12 tours pour un de la roue *C* : ainſi en donnant aux roues *S* & *m* même nombre de dents, comme 36, par exemple, la roue *C* reſtera 12 heures à faire un tour.

727. Nous ne nous arrêterons pas maintenant à preſcrire la diſpoſition de la cadrature & les regles à ſuivre : nous traiterons cette partie, lorſque nous aurons parlé de la main-d'œuvre du rouage.

II. De l'exécution du Rouage de l'Horloge à Répétition.

1°. *Monter la Cage.*

728. Il faut prendre deux morceaux de laiton pour faire les platines, qui ſoient environ 3 lignes plus petits que le calibre ; & comme ces platines, pour être ſolides, doivent avoir au moins une ligne d'épaiſſeur lorſqu'elles auront été planées & limées, on prendra du laiton qui ait au moins une ligne & demie d'épaiſſeur. Etant ainſi choiſies, on percera au milieu un petit trou de foret pour ſervir à contenir la pointe d'un compas à couper, avec lequel on coupera les angles des morceaux de laiton ; ou ſi on les prend dans la planche même, cela évitera de les couper avec des ciſailles : les platines ainſi coupées, on les limera tout autour en ôtant foiblement les angles : on appelle cela les *ébarber.*

729. Ainsi préparées, il faut les durcir à coup de marteau, ce qu'on appelle *forger, écrouir* ou *planer.* Pour cet effet il faut les frapper sur un tas (qui est une espece d'enclume, dont la surface est un peu arrondie & polie, & que l'on pose sur un billot) avec le côté du marteau qu'on appelle la *Pane*; la pane doit être épaisse & arrondie, pour ne pas séparer trop fortement les parties du cuivre. Quand on a bien forgé les côtés des platines avec la pane, on se sert du plat d'un marteau, dont la tête est un peu arrondie, pour effacer les coups de la pane, lesquels ont servi à durcir les platines jusqu'au centre; car il est bon d'observer que le plat du marteau ne durcit que la superficie, au lieu que l'autre resserre la matiere jusqu'au centre de l'épaisseur de la platine.

730. Il faut avoir une grande attention, pour ne pas faire fendre les platines, de forger également par rangée parallele ou circulaire; car si après qu'elles ont acquis un certain degré de dureté, on frappoit trop fortement, soit sur un côté, soit dans le milieu, elles se fendroient tout-à-coup: en général il faut que les coups de marteau soient donnés parallelement aux côtés, quand ce sont des platines quarrés; & si ce sont des platines rondes, comme celles dont il est ici question, on peut les forger, ou comme si elles étoient quarrées en commençant par un bord, & en allant par rangées paralleles jusqu'au bord opposé; ou bien on peut les forger par des rangées de coups circulaires, en allant ainsi du bord au centre: cette méthode est préférable pour conserver les platines rondes; au lieu que par l'autre on les rendroit ovales, & que pour les amener à la grandeur convenable, il faudroit les aggrandir plus qu'il n'est besoin.

731. Mais pour éviter cet embarras, il faut couper d'abord les platines quarrées, & les forger (après les avoir ébarbées) tout comme si elles devoient rester quarrées.

732. A mesure qu'on forge les platines, il faut les rendre bien égales d'épaisseur; & lorsqu'elles sont bien planées & unies, il ne s'agit plus que de les dresser, ce que l'on fera en présentant une regle d'acier bien dressée, & frappant du plat

du marteau ſur la partie courbe de la platine en allant toujours parallélement, juſqu'à ce que, de quelque côté qu'on préſente la regle, on voie la platine droite; alors on percera un petit trou au milieu, & avec le compas à couper, on coupera les platines de la grandeur du calibre : on préſentera de nouveau la regle, pour voir ſi en coupant les angles des platines elles ne ſe ſont pas courbées; ſi cela eſt, on les redreſſera.

733. On préparera un morceau de bois bien uni ſur lequel on les aſſujettira pour les limer: cette piece portera en deſſous un tenon pour l'attacher à l'étau; le bois doit être de chêne bien dreſſé; on y applique la platine qu'on veut limer, & on l'y arrête avec une tenaille à vis; enſuite on ôte le noir du cuivre avec une lime d'*Allemagne*, & on dreſſe la platine avec une lime d'*Angleterre bâtarde.*

734. Quand elle a été limée bien droite & unie d'un côté, on la retourne de l'autre; & l'on fait la même opération, ayant ſoin de conſerver les platines bien égales d'épaiſſeur, ſi elles le ſont, & de les rendre égales, ſi cela n'eſt pas; il ne reſte alors qu'à les adoucir avec une lime d'*Angleterre douce.*

735. Cela ainſi préparé, on choiſit la platine la plus épaiſſe, (je l'appelle indifféremment *Platine des piliers* ou *premiere Platine*, j'appellerai l'autre la *ſeconde Platine*); & après avoir percé le carton ſur lequel eſt tracé le calibre d'autant de petits trous qu'il y a de roues, & de même pour les piliers, on appliquera le côté du calibre où les roues du rouage ſont tracées, contre cette platine, ayant attention que les centres coïncident; pour s'en aſſurer, on fera paſſer une cheville à travers; tenant alors fortement arrêté le calibre contre la platine, on marquera avec une pointe par tous les trous du calibre des petits points qui indiqueront la place du rouage & des piliers : alors on ôtera le calibre, & on tracera légerement les roues: on prendra un foret qui ne ſoit pas tout-à-fait de la groſſeur que l'on veut donner aux pivots des piliers, c'eſt-à-dire d'environ 2 lignes, & on percera dans la platine les trous des piliers. Cette platine ſera celle qui doit porter les piliers; le côté ſur lequel le calibre eſt tracé ſera le côté extérieur de cette platine.

736. On appliquera ſur ce côté extérieur de la platine des piliers la ſeconde platine ; on fera paſſer un petit arbre liſſe par le trou de l'une & de l'autre pour les faire bien coïncider ; on fixera ces deux platines l'une avec l'autre au moyen de deux tenailles à vis ; alors on percera les trous des piliers à la ſeconde platine, ayant attention de ſe ſervir du même foret qui a percé ceux de la platine des piliers.

737. On percera près des piliers quatre trous d'environ demi-ligne de groſſeur, & on paſſera un écariſſoir dans ces quatre trous, pour les rendre unis, ayant attention à faire entrer cet écariſſoir par le côté de la ſeconde platine : on marquera ſur le bord des platines un repaire, c'eſt-à-dire, deux traits formant un *V*, afin qu'après avoir ôté les tenailles on puiſſe repréſenter les platines l'une ſur l'autre dans la même poſition qui a ſervi à percer les trous des piliers : cela fait, on ôtera les tenailles, & on chaſſera à la ſeconde platine aux trous qui ſont à côté de ceux des piliers, des chevilles bien rondes & adoucies, qui ſeront de fil de laiton durci, que l'on fera entrer par le même côté par où a paſſé l'écariſſoir, ce que l'on connoîtra par le repaire ou *V* formé ſur le bord de la platine, qu'il ne faudra que préſenter contre l'autre platine pour voir quel étoit le côté extérieur : on chaſſera enſuite à force quatre chevilles qu'on coupera *à fleur* de la platine du côté dont on les a chaſſées, & qu'on laiſſera ſaillantes de l'autre.

738. On préſentera cette platine contre l'autre, ſelon ſon repaire ; & ſi les chevilles entrent trop fortement dans les trous de la premiere platine, on paſſera légerement un écariſſoir juſqu'à ce qu'elles entrent par un bon frottement ; alors on limera l'excédent des chevilles, ſi elles ſont plus longues que l'épaiſſeur de la premiere platine ; & les deux platines ainſi aſſemblées, on limera les bords tout autour & parfaitement, ſelon le trait du compas, & de la grandeur du calibre ; on adoucira ces bords qui devront être d'équerre avec le plan des platines.

739. On paſſera dans les trous des piliers un écariſſoir

qui en rende les trous bien unis, & les faſſe parfaitement coïncider chacun à chacun : on retracera le repaire, ſi on l'avoit effacé ; quand les platines ſeront ainſi bien préparées, on travaillera à faire les piliers.

740. Pour faire les piliers d'une Pendule, on ſe ſert ordinairement de cuivre fondu : ces piliers ont deux baſes qui ſont plus ou moins grandes, ſelon la hauteur des piliers : par exemple, pour des piliers qui ont 15 lignes de hauteur, comme doivent à-peu-près être ceux de cette répétition (*Planche V*) la baſe des piliers eſt de 5 lignes, & le corps n'en a que trois, & les pivots 2 : on réſerve ordinairement dans le milieu de la longueur des piliers une boule que l'on prétend qui orne le pilier, car elle n'a pas d'utilité. On donne à cette boule un peu plus de groſſeur qu'aux baſes ; le corps des piliers doit être plus gros du côté de la baſe qui ſe rive à la platine ; ils ſont, par ce moyen, plus en état de réſiſter aux coups qu'ils peuvent recevoir quand la cage eſt démontée ; c'eſt pour cette même raiſon qu'il faut employer du cuivre bien doux ; car ſans cela le moindre coup les fait caſſer lorſqu'ils ſont rivés ſur leur platine.

741. Pour faire ces piliers, on commence par en faire des modeles en bois de la figure que l'on veut qu'ils aient ; il faut tenir ce modele plus gros, & parce qu'étant jettés en moule, ils viendront plus petits que le modele, & parce qu'ils diminueront au tour.

742. En prenant ainſi les piliers fondus, il faut en forger chaque partie, les pivots, les baſes & le corps ; enſuite on marquera avec un *pointeau* (outil d'acier trempé, dont la pointe eſt tournée & conique) des points aux bouts des pivots du pilier le plus court : on les marquera d'abord foiblement, afin que ſi en préſentant ces points ſur les pointes du tour, & qu'en faiſant rouler le pilier, s'il ne tourne pas rond, on puiſſe rejetter le point ſur un côté, & juſqu'à ce que le pilier tourne bien rond : alors on mettra ſur l'un des pivots un cuivrot qui ſervira à tourner le pilier.

743. On le tournera d'abord rond ([a]) dans toute sa longueur; ensuite on tournera les assiettes, c'est-à-dire, les côtés qui doivent s'appliquer sur les plans des platines; on prendra l'outil décrit (485) & qui est représenté (*Pl. XVIII, fig. 9*) qu'on appelle *le Maître-danse*; on prendra sur un pied divisé en lignes la hauteur qu'on veut donner à ses piliers, & on réduira ce pilier qu'on tourne à cette hauteur, & jusqu'à ce que les bouts *c d* de l'outil comprennent bien justes ces deux assiettes; on tournera les pivots de la grosseur donnée; on arrondira le bout de celui qui ne doit pas être rivé: on laissera ce pivot de longueur convenable pour saillir à travers la seconde platine d'environ une ligne & $\frac{1}{2}$, afin qu'il y ait de quoi goupiller ces piliers; on creusera très-légerement le milieu des assiettes, afin que ce soit les bords qui portent sur les platines; ensuite on tournera le reste du pilier, on passera une lime douce & on le polira, en employant pour cela du bois *blanc* & de la pierre *pourrie* broyée avec de l'huile, en appuyant fortement avec le morceau de bois.

744. On marquera sur le pivot qui doit se river, un trait profond, lequel sera distant de l'assiette, de l'épaisseur de la platine des piliers, plus, la quantité requise pour la rivure, c'est-à-dire, en tout environ une ligne un quart, dont près d'un quart de ligne servira à river le pilier.

745. On voit que pour n'avoir pas à placer deux fois ce cuivrot sur le pilier, qu'il faut que le pivot sur lequel on prend la rivure, soit assez long pour contenir un cuivrot au bout, & pour réserver entre le cuivrot & l'assiette un pivot pour river à la platine: ce pilier fait, on fera les trois autres de même, en leur donnant à tous la même forme, grosseur & hauteur qu'au premier que l'on a fait: alors on sciera les bouts de pivots qui portoient le cuivrot; on se réglera pour cela sur le trait que l'on a fait au tour pour régler la longueur du pivot.

[a] Je suppose qu'on s'est amusé à tourner & à limer, & qu'on a acquis assez d'habitude pour savoir tourner & limer passablement; ainsi je ne m'arrêterai point ici à prescrire la maniere de manier ces outils: il faut s'exercer: on me doit tenir quelque compte du détail dans lequel j'entre ici, sans exiger jusqu'à la moindre opération.

746. Les piliers étant faits, on ſéparera les deux platines; & prenant celle des piliers, on prendra un pilier, & on préſentera le pivot qui doit être rivé pour le faire entrer dans un des trous; mais comme ces trous ſont plus petits que les pivots, ne les ayant pas faits de deux lignes, on l'aggrandira juſqu'à ce que le pivot entre bien juſte: cela étant fait, on marquera ſur le bout de ce pivot un petit trait, & on en fera autant ſur l'angle de la platine à côté du trou du pilier: cela ſervira de repaire juſqu'à ce que la cage ſoit montée: on prendra un ſecond pilier, on l'ajuſtera de la même maniere; & pour faire le repaire, on fera deux traits au pivot & autant à la platine; & pour le troiſieme, on fera trois traits; le quatrieme n'a pas beſoin de repaire.

747. Les piliers ainſi ajuſtés ſur la platine, on fera avec une lime à *queue de rat* (petite lime ronde) un chanfrein tout autour du trou de chaque pilier ſur le côté extérieur de la platine; on adoucira d'abord avec de la pierre ponce & de l'eau le dedans de la platine à l'endroit des piliers; enſuite on y *paſſera* une pierre douce, & enfin on polira cette place des piliers avec de la pierre pourrie & du buffle collé ſur du bois. On placera les piliers dans leurs trous: on prendra la ſeconde platine, & on préſentera ſon repaire vis-à-vis de celui de la platine des piliers, afin de faire convenir le trou du pilier tel qu'il a été percé avec le bout du pivot actuellement dans le trou de la platine des piliers: pour cet effet, on obſervera qu'il faut que le côté qui étoit appliqué contre le dehors de la platine des piliers, lorſqu'on a formé les trous des piliers, doit être le côté extérieur de la ſeconde platine, lorſqu'elle ſera poſée ſur ces piliers; les tenons de cette platine déſigneront donc ce côté: ainſi on prendra un des piliers qui ſont actuellement ſur la premiere platine, & on fera entrer le pivot dans le trou correſpondant de la ſeconde platine; ſi ce trou n'eſt pas aſſez grand, on l'aggrandira avec l'écariſſoir: on paſſera enſuite à un autre pilier, ayant toujours attention à préſenter le repaire de la ſeconde platine pour correſpondre à celui de la premiere, afin que s'il y a quelques différences dans la groſſeur des pivots, on n'aggrandiſſe pas un trou l'un pour l'autre.

748. Les pivots ainſi ajuſtés dans les trous de la ſeconde platine, on ôtera les *bavures* que l'écariſſoir aura faites, & la cage ſera prête à monter. En préſentant la ſeconde platine ſur les piliers, il ne ſera donc plus queſtion que de river les piliers après leur platine; pour cet effet, on prendra un cuivrot qui ſoit juſte de la groſſeur des bouts de pivots, qui ſaillent à travers la ſeconde platine; on le limera bien plat; on le placera ſur un *petit tas* (eſpece d'enclume d'acier poli qui porte un tenon pour l'attacher à l'étau) & on placera le bout d'un pivot de pilier dans ſon trou, & tenant fortement la cage pour qu'elle ne ſe démonte pas, on prendra un marteau de moyenne groſſeur, & on rivera avec la pane le pivot ſur la platine des piliers: on fera la même opération à tous les piliers les uns après les autres, en prenant garde de ne pas frapper aſſez fort pour affaiſſer ou courber les piliers, mais au contraire en les ménageant extrêmement; car il faut qu'en ôtant la ſeconde platine, elle rentre librement & ſans gêne, & qu'en préſentant une équerre ſur le plan d'une platine, le côté de la cage ſoit d'équerre en tournant l'équerre tout autour, ce qui prouvera que les piliers ſont bien perpendiculaires aux plans des platines.

749. Or cela étant ainſi, on voit l'uſage des tenons qui ont ſervi à aſſembler les deux platines pour percer les trous des piliers: car ſi l'on replace de nouveau ces platines, ſelon leurs repaires, en appliquant le dehors de la ſeconde platine contre le côté extérieur de celle des piliers, & qu'en cet état on les perce toutes deux enſemble d'un trou fait avec un foret; ſi enſuite mettant la ſeconde platine à ſa place pour former la cage, on y place une roue dont les pivots roulent dans les trous dont on vient de parler, on voit, dis-je, que l'axe de cette roue ſera perpendiculaire aux plans des platines; car ces piliers ayant été percés de la même maniere que le trou ſuppoſé, ſont perpendiculaires à ce plan: donc le trou doit l'être auſſi: cette méthode eſt très-utile dans la conſtruction des Pendules pour placer les roues droites en cage, & d'une maniere ſûre & facile.

750.

750. Pour achever la cage, il ne reftera plus qu'à percer les trous de goupilles aux bouts des pivots, qui faillent hors de la feconde platine; les trous pourront avoir environ $\frac{1}{3}$ de ligne de diametre; on les proportionnera à la groffeur du bout du pilier, de maniere que la goupille qu'on y placera foit affez forte pour être chaffée à force dans les trous, fans plier, mais qu'elle ne le foit pas affez pour pouvoir forcer & écarter les pivots des piliers: pour percer ces trous de goupilles, on fera un foret angulaire bien en pointe, que l'on préfentera le plus près de la platine qu'il fe pourra, afin que les trous foient jufte à fleur de la platine: on dirigera ces trous comme on le voit dans la (*fig.* 2, *Planche V.*)

2°. *Faire les Roues.*

751. Pour faire la roue de barillet *B*, il faut tourner un modele en bois du même diametre qu'elle eft tracée fur le calibre, & qui aura 2 lignes & $\frac{1}{2}$ d'épaiffeur. Du côté où l'on doit placer la virole de barillet qui doit contenir le reffort, on réfervera au centre une *têtine* qui aura 5 lignes de diametre, & la même épaiffeur que la roue. On creufera depuis cette têtine ponctuée *B* (qui doit être de l'autre côté de la roue) & jufqu'en 4, à la profondeur d'une ligne; ainfi le fond *B* 4 du barillet aura 1 ligne & $\frac{1}{2}$ d'épaiffeur: la creufure 4 doit s'étendre affez près du bord de la roue, pour qu'il refte feulement de quoi former les dents de la roue avec une petite épaiffeur au-deffous, qui les rende folides; mais il faut toujours laiffer plus d'étoffe au modele: on attend pour terminer la creufure *B* 4, que la dent foit fendue.

752. Le modele ainfi fait, & la roue fondue, & avec du cuivre bien doux, on forgera cette roue, d'abord en commençant par la têtine, enfuite par le fond, enfin par le rebord 4.

753. On coupera toutes les autres roues du rouage, afin de les forger de fuite en même temps, & de les tourner de fuite; parce qu'il faut, autant qu'il eft poffible, ne pas changer

alternativement d'opération, ce qui fait perdre beaucoup de temps.

754. On prendra donc d'abord pour la grande roue moyenne *C*, du laiton en planche qui ait une ligne & $\frac{1}{2}$ d'épaiſſeur; on y coupera cette roue avec le compas, mais plus petite qu'elle ne doit être: & il faudra, qu'étant forgée, elle ſe trouve propre à donner la grandeur marquée par le calibre, & que ſon épaiſſeur ſoit réduite à un peu moins d'une ligne, de ſorte qu'étant tournée & limée, elle ait $\frac{9}{12}$ de ligne d'épaiſſeur.

755. On prendra la roue de longue tige *D*, dans une planche de laiton qui ait un peu plus d'une ligne d'épaiſſeur (on la coupera plus petite qu'elle n'eſt marquée ſur le calibre) afin qu'étant forgée & réduite à $\frac{6}{12}$ de ligne d'épaiſſeur, elle ſoit bien durcie: on coupera dans la même planche de laiton les roues *E*, *F*, *G*, *L*, *M*, *N*, & les roues de cadrans *C*, *S*, *m*. (*fig.* 3).

756. On coupera le rochet d'encliquetage *R* (*fig.* 1.) de la répétition dans la même planche: on déterminera la grandeur de ce rochet, en réſervant aſſez d'étendue pour placer l'encliquetage ſur la roue *L* qui s'applique contre ce rochet.

757. On prendra le rochet d'encliquetage *R* de l'Horloge (*fig.* 3) dans du laiton qui aura 2 lignes & $\frac{1}{2}$ d'épaiſſeur pour être réduit à un peu plus d'une ligne $\frac{1}{2}$.

758. Toutes les roues étant ainſi coupées, on les ébarbera, & on les forgera en les réduiſant à l'épaiſſeur convenable, en obſervant de les tenir bien égales d'épaiſſeur: il ne faudra pas ſe ſervir de la pane du marteau, de crainte qu'en donnant quelques coups mal appliqués ſur les bords de la roue, on n'ébranle la matiere, comme cela arrive quand on manque d'adreſſe; en ſorte qu'on eſt fort étonné, lorſqu'on vient à fendre les roues, de voir des dents qui ſe ſéparent de biais en deux parties, & tous les pores briſés: on ſe ſervira donc de la tête en frappant à coups égaux, & en tournant autour du centre de la roue qui ne doit pas ſe courber; car ſi elle devient convexe, c'eſt une preuve de l'inégalité des coups, & que l'on a trop forgé le centre ou le bord.

759. Lorſqu'on conſerve les roues bien égales d'épaiſſeur en les forgeant, on peut les amener fort près de leur véritable épaiſſeur, en ſorte que le tour ne fait qu'achever de les dreſſer, & cela eſt bien plus avantageux pour les conſerver ſolides; car ſi on les diminue d'épaiſſeur, après qu'elles ſont forgées, on ôte la croûte la plus dure du métal; car quoique ces roues ne ſoient pas fort épaiſſes, le coup du marteau ne pénetre pas avec la même énergie juſqu'au milieu de l'épaiſſeur : c'eſt une attention qui échappe à la plupart des Ouvriers; car il eſt très-rare de trouver des roues bien durcies, choſe qui eſt cependant fort eſſentielle pour la bonté d'une Horloge, non-ſeulement parce que cela diminue les frottements, mais encore parce que ces roues ſont moins ſujettes à ſe courber, & les dents à ſe fauſſer, ainſi que cela arrive aux roues molles.

760. On réduira donc les roues aux épaiſſeurs ſuivantes, ſans s'embarraſſer ſi elles deviennent plus grandes qu'elles ne ſont marquées dans le calibre ; & pour les reconnoître on peut marquer avec une pointe des lettres qui les déſignent.

Grande roue moyenne *C* . . . . $\frac{9}{12}$ de lignes.
Roue de longue tige *D* . . . . $\frac{5}{12}$
Roue de champ *E* . . . . $\frac{4}{12}$ ou $\frac{1}{3}$
Roue d'échappement . . . . $\frac{3}{12}$
Les roues *G* & *L* auront chacune . . . . $\frac{6}{12}$
La roue *M* . . . . $\frac{4}{12}$
La roue *N* . . . . $\frac{3}{12}$
Les roues de renvois *m* & *S* auront la même épaiſſeur; ſavoir . . . . $\frac{6}{12}$
Roue de cadran . . . . $\frac{6}{12}$
Le rochet *R* d'encliquetage de répétition $\frac{7}{12}$

761. Pour réduire ces roues au marteau fort près de l'épaiſſeur que nous avons indiquée, on ſe ſervira, pour en juger, d'un calibre à pignon (*Pl. XVIII*, *fig.* 8); & encore une regle de cuivre ou autre, diviſée en pouces & en lignes, & dont l'un des pouces ſoit ſubdiviſé en 12e de ligne par des tranſverſales: ainſi on calibrera la roue tout autour en la tenant un

peu plus forte, pour qu'étant tournée & limée, elle se réduise juste aux dimensions indiquées ci-dessus.

762. Il ne sera donc plus question, avant de les fendre, que de les tourner de grandeurs convenables; on se servira pour cela d'arbres à vis semblables à celui (*Planche XVIII, fig. 6*), mais qui seront proportionnés à la grandeur des roues; pour cet effet, il faut en avoir plusieurs.

763. Il faut les faire avec des vis à *rebours*, si l'on tourne en tenant le burin de la main gauche, afin qu'en tournant, l'écrou ne se desserre pas; & au contraire, si l'on tient le burin de la main droite, les vis des arbres doivent être faites à l'ordinaire.

764. Il ne faut pas que l'assiette de ces arbres soit bien grande, il suffit qu'elle ait pour rayon la moitié de celui de la roue qu'on veut tourner; par ce moyen on pourra tourner la roue d'épaisseur jusqu'au milieu de son diametre.

765. Les grosseurs des vis doivent être proportionnées à la grandeur des arbres, afin que les petites roues n'aient pas des trous trop grands; ce qui exige que les pignons portent des assiettes trop grandes, qui ne servent qu'à rendre la roue plus pesante, & à produire du frottement: voici les grosseurs convenables qu'il faut que les portées des arbres ou pivots à vis aient.

766. Pour toutes les petites roues, la portée de l'arbre, c'est-à-dire, la partie qui n'est pas taraudée, & sur laquelle la roue doit entrer; cette portée, dis-je, doit avoir une ligne & $\frac{1}{2}$ de diametre: on tiendra la vis un peu plus petite, afin que si, par un accident, l'arbre venoit à se courber, on pût remettre ronde la portée sans la rendre plus petite que la vis; ce qui seroit un défaut, puisqu'en aggrandissant le trou de la vis pour entrer sur l'arbre lorsqu'elle seroit contre l'assiette, elle auroit son trou plus grand que la portée; ainsi on ne pourroit pas tourner la roue ronde ou tout au moins concentrique à son trou: on peut donner 5 lignes de diametre à l'assiette de ce petit arbre.

767. Il faut observer que, pour empêcher que cet arbre

ne se courbe, & pour qu'il soit solide & ne fléchisse pas tandis qu'on tourne la roue, qu'il faut tenir la vis & la portée la plus courte qu'il se pourra, & seulement propre à recevoir la plus épaisse des roues qu'on peut tourner sur un tel arbre, c'est-à-dire, environ une ligne, ce qui formera la portée : il faut une ligne & ½ de vis pour l'écrou ; & comme cet écrou n'aura seulement qu'une ligne d'épaisseur, il restera une demi-ligne pour une petite virole qu'il faut placer entre l'écrou & la roue ; cette virole empêche l'arbre de se courber, on tiendra d'ailleurs cet arbre court, pour l'empêcher encore mieux de fléchir.

768. Un tel arbre servira à tourner les roues des minutes *m*, *S* (*fig.* 3) & les roues *E*, *F*, *L*, *M*, *N*, (*fig.* 1).

769. On aura un second arbre pour les roues *C*, *D*, *G* (*fig.* 1), & pour la roue de cadran *C* (*fig.* 3), la portée de cet arbre aura 2 lignes & ¼ de diametre, & la vis à proportion : l'assiette aura environ 8 lignes de diametre.

770. Un troisieme arbre, qu'il faudra faire ou avoir, servira à tourner la roue de barillet : la portée aura 3 lignes de diametre & longue à proportion, ainsi que la vis : l'assiette aura un pouce de diametre.

771. On aura besoin d'un quatrieme arbre qui servira pour les roues de barillet ; lorsqu'on voudra faire une Horloge à sonnerie un peu grande, il servira aussi tourner le couvercle du barillet : on pourra donner 3 lignes & ½ au pivot de cet arbre. Au reste, quand on fera de plus grands ouvrages, on augmentera la grosseur de ces arbres à proportion.

772. Si l'on n'a pas la facilité d'acquérir de tels arbres à vis, on pourroit tourner les roues sur des arbres lisses ; mais les premiers sont infiniment préférables, sur-tout pour des personnes qui n'ont pas acquis une grande pratique ; car quoique les roues soient chassées à force sur les arbres lisses ; quand après bien de la peine on les a fait tourner droites, en tournant les côtés elles se défont aisément, c'est-à-dire, qu'elles sortent, puisqu'elles ne tiennent que par leur épaisseur ; les arbres à vis sont donc préférables ; & si l'on n'a pas la facilité d'en faire faire, il faut les faire soi-même.

773. Si l'Amateur qui veut travailler, & pour lequel j'écris ce Chapitre, a une machine à fendre, il réglera la grosseur des arbres à vis sur celle des tasseaux de l'outil à fendre, sur-tout pour ceux des barillets, afin qu'il ne soit pas obligé d'aggrandir le trou du barillet pour le faire entrer sur le tasseau ; car comme il est nécessaire qu'après que la roue a été fendue, elle soit remise sur l'arbre (dont on s'est servi pour la tourner) pour achever de creuser le fond, la têtine, & pour monter la virole de barillet, on voit qu'on ne pourroit plus employer le même arbre, & qu'il faudra en prendre un plus gros (ou bien faire une virole) ; mais alors le trou de barillet deviendroit plus grand qu'il n'est besoin.

774. Ayant donc des arbres tels que je viens de le dire, on aggrandira les trous que l'on avoit faits pour couper les roues : pour cet effet, on se servira de forets plus petits que le trou ne doit être, afin que l'écarissoir acheve & fasse le trou uni, jusqu'à ce qu'il entre sur l'arbre qui doit servir à tourner la roue : on en fera de même à toutes les roues ; on ôtera à chaque roue les rebarbes que l'écarissoir a faites.

775. S'il y a des roues qui soient devenues beaucoup plus grandes en les forgeant que le calibre ne l'exige, on tracera sur chacune, qui seront dans le cas, des traits de compas ; on ôtera l'excédent avec une lime d'Allemagne, ce qui sera plus expéditif de le faire au tour ; mais on observera qu'il faut réserver une bonne demi-ligne de plus, pour emporter sur le tour, afin d'être sûr de la rondeur de la roue.

776. On commencera par la roue de barillet que l'on tournera bien ronde & droite : on ébauchera le fond de la têtine, & on tournera le plan de la roue jusqu'à l'assiette de l'arbre à vis. Pour la tourner de la grandeur convenable, sans être obligé de la démonter plusieurs fois pour la présenter sur le calibre, on se servira du maître-danse, dont j'ai déja parlé ; on prendra avec ses pointes la mesure sur le calibre, & on tournera la roue jusqu'à ce qu'elle entre juste dans les pointes de l'outil : on pourra démonter la roue de dessus l'arbre ; mais avant de le faire, il faut marquer un repaire sur l'assiette de

l'arbre & ſur la roue, afin qu'après qu'on aura fendu la roue, & qu'en la remettant ſur l'arbre pour monter le barillet, il ſe retrouve parfaitement rond & droit; c'eſt pour cette raiſon qu'il ne faudra pas limer le plan de la roue après qu'elle eſt tournée, juſqu'à ce que le barillet ſoit monté avec ſa virole.

777. On tournera de ſuite les autres roues; on les mettra de grandeur en préſentant le maître-danſe; & d'épaiſſeur en ſe ſervant du calibre à pignon.

778. On obſervera, par rapport à la roue *L*, qu'elle ne doit pas être plus petite que la roue des chevilles *G*, car ces roues devant être portées par le même axe, on voit qu'il faut que la roue des chevilles paſſe devant la tige du pignon *M*, en même temps que la roue *L* engrene dans le pignon *f*, ce qui ne pourroit ſe faire ſi la roue des chevilles étoit plus grande que celle *L*: dans le plan de cette piece (*Pl. V*, *fig.* 1) la roue *L* a été faite plus petite que celle *G*, pour qu'elle pût être vue, & on a fait un gros pignon pour pouvoir y engrener; mais nous n'avons ici qu'un pignon de 6 dents, dont les ailes ne ſont pas aſſez ſaillantes de la tige, pour pouvoir aller engrener dans la roue: on évitera cet obſtacle en tenant les roues *G* & *L* de même diametre.

779. Toutes les roues étant ainſi tournées, on les limera bien plates ſur chaque côté & avec précaution; & avec une lime bâtarde douce d'Angleterre, on enlevera ſeulement la place que l'aſſiette de l'arbre avoit réſervée, ayant bien ſoin de ne pas anticiper ſur la partie tournée & ſur le bord de la roue, afin de la conſerver d'une égale épaiſſeur: on fera la même opération à toutes les roues, (excepté à celle de barillet); enſuite on les fendra de la maniere que nous l'avons expliqué (431); il n'y aura que la roue des chevilles & la roue d'échappement qui ne doivent pas être fendues; celle-ci ne ſe fend que lorſqu'elle eſt fixée ſur ſon pignon fini, afin de lui donner toute la juſteſſe poſſible; & les diviſions pour les chevilles de la roue des chevilles ſe feront au compas, lorſqu'elle ſera fixée ſur ſon axe.

780. Pour fendre ces roues, on fera choix de fraiſes qui ſoient d'une bonne épaiſſeur; en voici la regle: il faut que le

vuide entre deux dents, formé par la fraiſe, ſoit moindre que la dent, ce que les Horlogers appellent *avoir plus de plein que de vuide.* Pour trouver l'épaiſſeur de la fraiſe, on pourroit le faire en diviſant la circonférence de la roue (réduite en points ou 12e de ligne) par le double du nombre de dents qu'elle doit avoir; on auroit en parties de ligne la largeur des dents & du vuide, en ſuppoſant le plein & le vuide égal; & on tiendroit la fraiſe un peu plus mince; mais c'eſt une opération inutile, & à laquelle on ſuppléra en prenant une fraiſe qu'on jugera devoir convenir au nombre de dents de la roue, & ſelon ſon diametre: on ne fendra pas la dent en entier; mais on eſſaiera, en marquant avec la fraiſe ſur l'angle de la roue, en faiſant tourner la plate-forme de quelques diviſions, ſi la petite entaille que l'on a faite à la roue eſt plus étroite que l'intervalle entre une autre entaille, c'eſt-à-dire, ſi la fraiſe laiſſe plus de plein que de vuide: on pourra fendre à travers la roue, & l'enfoncer de la quantité convenable.

781. On peut prendre pour regle de la longueur qu'il faut donner aux dents d'une roue, qu'elles doivent à-peu-près avoir pour longueur la diſtance d'une dent à l'autre; c'eſt-à-dire, que ſi de la pointe d'une dent à la dent prochaine l'intervalle eſt d'une ligne, on pourra enfoncer la fraiſe d'une ligne: ainſi la dent aura une ligne de longueur.

782. Lorſque ce ſont des roues qui éprouvent beaucoup d'effort, comme les roues de barillet, il ne faut pas les tenir tout-à-fait de cette longueur, afin qu'elles ſoient moins ſujettes à ſe caſſer; & d'autant moins que comme le porte-fraiſe décrit une portion de cercle, la roue étant épaiſſe, la fraiſe creuſe le milieu, en ſorte que lorſqu'on a paſſé une lime à égaler au fond de la dent, on trouve ſa denture plus longue qu'elle ne paroiſſoit en la fendant.

783. Quand on aura fendu ſes roues, il faudra les *croiſer*, c'eſt-à-dire, former les fenêtres, pour ne laiſſer que la quantité de matiere requiſe, pour que la roue ſoit ſolide.

784. On ne croiſe pas la roue de barillet, parce que le barillet dont cette roue fait partie, devant contenir le reſſort

moteur,

moteur, a besoin de solidité : on ne la croise pas par une autre raison; c'est que comme il est nécessaire, pour adoucir les frottements des spires du ressort, qu'il y ait une certaine quantité d'huile, si l'on perçoit la roue de barillet, l'huile s'échapperoit, pénétreroit dans les dentures où elle est nuisible, tandis qu'elle laisseroit à sec le ressort qui en a besoin : d'ailleurs en rendant cette roue légere, il n'en résulteroit aucun avantage ; car cette premiere roue tourne d'un mouvement lent, & ainsi le plus ou le moins de pesanteur est indifférent : il n'en est pas de même de celles qui se meuvent avec vîtesse; on ne peut les faire trop légeres.

785. On ne croise pas non plus la roue *L* de répétition, par la raison qu'elle doit porter l'encliquetage, & que le rochet doit appuyer contre cette roue ; on pourroit, à la vérité, faire porter l'encliquetage par les barrettes de la roue, si elle étoit croisée ; mais il est assez indifférent qu'elle soit légere ou pesante, eu égard à la lenteur de son mouvement, & à la force toujours surabondante des moteurs de répétition.

786. On ne croise pas non plus les roues de renvoi *S*, *m*, qui font un tour par heure ; mais on croise la roue de cadran qui emploie douze heures à faire une révolution : c'est un usage, mais on ne fera pas mal de ne pas le suivre par rapport aux roues de renvoi qu'il est à propos de croiser, lors sur-tout que la force motrice n'est pas considérable, comme sont les Horloges qui vont long-temps sans remonter; dans ces sortes d'ouvrages il faut diminuer les frottements autant qu'il est possible.

787. Pour croiser une roue, on tracera un trait de compas assez au-dessous de la denture pour conserver la roue solide : on appelle cette largeur *le Champ de la roue :* on divise ce cercle en quatre parties ; on tire deux diametres par ces points ; on tire de chaque côté des traits donnés, d'autres traits qui déterminent la largeur de la *barrette* ou pilier qui doit aller en élargissant de la circonférence au centre : on trace près du centre un trait de compas, pour déterminer la longueur de ces petites colonnes, qu'on appelle *Barettes* ou simplement croi-

fées : on obfervera, par rapport à la largeur du champ de la roue & des barrettes, que de même qu'il faut proportionner l'épaiffeur de la roue à l'action qu'elle doit éprouver, de même auffi le champ & les barrettes doivent être proportionnés à l'épaiffeur de la roue, &c.

788. On obfervera, en croifant la roue d'échappement, qu'il faut y laiffer beaucoup plus de champ qu'aux autres roues, par la raifon, que comme fes dents font plus diftantes entr'elles, elles doivent être plus profondes, ce qui eft fur-tout néceffaire pour le jeu de l'échappement *AF* (*fig.* 1), afin que les pattes de l'ancre ne viennent pas arcbouter contre le fond des dents ; mais pour que cette roue ne foit pas trop pefante, on étrécit fon champ après que l'on a formé les dents.

789. Nous avons oublié de parler des nombres de dents des rochets d'encliquetage : ils font à-peu-près arbitraires. Il fuffit feulement, par rapport à celui de répétition, que les dents foient affez fortes pour ne pouvoir pas être brifées par l'effort du cliquet, mais pas affez groffes pour rendre l'encliquetage dur, ce qui arrive lorfque ce rochet étant peu nombré, le cliquet s'enfonce plus avant dans les dents, & parcourt par ce moyen plus de chemin : on peut lui donner 48 dents. Pour former fes dents en rochet fur l'outil à fendre même, il faut avoir des *fraifes à rochet :* elles font droites d'un côté & inclinées de l'autre.

790. On fendra le rochet d'encliquetage de l'Horloge fur l'outil, avec la même fraife dont je viens de parler ; & comme ce rochet doit foutenir tout l'effort du grand reffort de l'Horloge, on ne lui donnera que 24 dents pour leur conferver de la folidité & de la force.

3°. *Monter le Barillet, & faire l'encliquetage du mouvement.*

791. Le barillet ou tambour eft formé par la roue *B*, par une virole de cuivre, dont un côté fe fixe fur la roue, & par un couvercle qui entre à drageoir fur l'autre côté de la virole : on fait rouler ce tambour fur un axe de fer ; c'eft dans ce

tambour que l'on place le ressort moteur de l'Horloge (79); le bout extérieur de ce ressort s'accroche à un crochet que l'on fixe en dedans de la virole, & le bout intérieur s'accroche à l'arbre sur lequel roule le barillet: voilà en gros l'usage du barillet: venons à la maniere de le fabriquer.

792. Mais nous remarquerons avant, que pour avoir un bon ressort & diminuer ses frottements autant qu'il est possible, il est nécessaire de lui donner une certaine largeur; alors les spires se maintiennent sans aller frotter contre le fond du barillet ou contre le couvercle: cela entendu, avant que de faire la virole de barillet, il faudra examiner quelle est la hauteur qu'elle peut avoir.

793. Pour cet effet, on remarquera que, par la disposition du calibre, il y a deux roues qui se trouvent nécessairement placées près du barillet, & qui par conséquent en diminuent la hauteur; l'une, qui est la grande roue moyenne, doit passer par-dessus entre la seconde platine & le côté de la roue de barillet: & la roue de longue tige, qui doit passer par-dessous, entre le côté du couvercle & la platine des piliers; ainsi le barillet tout monté devra avoir la hauteur des piliers moins l'épaisseur de la grande roue moyenne & celle de longue tige, moins l'intervalle qu'il est nécessaire qu'il y ait entre le barillet & la roue de longue tige, entre ces roues & le barillet, & entre la platine, pour ne frotter ni à l'un ni à l'autre: ainsi la roue de longue tige ayant $\frac{5}{12}$ de ligne d'épaisseur, la grande roue moyenne $\frac{9}{12}$, & les deux intervalles entre ces roues & le barillet, & deux intervalles entre ces mêmes roues & la platine, devant être chacun de $\frac{3}{12}$ pour éviter les frottements ou attouchements; il faudra retrancher de la hauteur de la cage $\frac{5}{12} + \frac{9}{12} +$ 4 fois $\frac{3}{12}$, c'est-à-dire, $\frac{14}{12} + \frac{12}{12}$, ce qui fait 2 lignes $\frac{2}{12}$; ainsi la hauteur de la cage étant de 15 lignes, en ôtant 2 lignes $\frac{2}{12}$, il restera 12 lignes $\frac{10}{12}$, qui sera la hauteur du barillet tout monté.

794. La virole du barillet doit être assez large pour qu'on puisse y lever des tenons qui servent à la river sur la roue; ainsi outre qu'elle doit avoir la hauteur du barillet, on lui donnera

de plus une ligne, tant pour la rivure du tenon que pour avoir de quoi la tourner droite.

795. Avant de travailler à faire la virole, il faut achever de tourner la roue de barillet: pour cet effet, on le replacera sur l'arbre à vis, au repaire qu'on a fait; on diminuera la têtine jusqu'à ce qu'elle reste seulement d'une ligne de large tout autour du trou; on reculera la creusure jusqu'à ce qu'il reste au-dessous du fond de la denture une largeur qui soit environ les $\frac{2}{3}$ de la longueur d'une dent; il faut que ce rebord soit coupé bien net & aille un peu en creusant, afin que la virole qui doit s'emboîter contre ce rebord ou champ de la roue en allant porter contre le fond, joigne parfaitement tout autour, & que cela ne paroisse faire qu'une seule piece. Alors on terminera le fond du barillet; & pour savoir s'il n'est pas trop épais, on se servira d'un compas d'épaisseur (478); en pinçant le fond avec un bout de cet outil, l'autre indiquera l'épaisseur de ce fond par l'intervalle entre les deux pointes, lesquelles étant de même rayon que celles qui pincent le fond du barillet, ont la même ouverture: si le fond du barillet a plus d'une ligne d'épaisseur, il faudra le creuser en ménageant le rebord & la têtine.

796. On aura attention que le fond du barillet soit creusé bien droit, c'est-à-dire, qu'il ne soit pas plus épais du bord que du milieu: pour en juger, on prendra une regle, on la posera à travers le barillet en passant à côté de l'arbre, & portant sur les extrémités réservées à la roue, c'est-à-dire, sur le champ: si entre la regle & le fond, l'intervalle est égal depuis la têtine jusqu'au rebord, c'est une preuve que le fond est droit; sinon, on tournera aux endroits qui laissent moins de jour; ensuite on présentera un bout de regle qui entre dans le fond du barillet, pour voir s'il est bien uni; s'il ne l'est pas, on ôtera l'excédent, jusqu'à ce que la petite regle s'applique exactement sur le fond.

797. Pour ne pas juger à la simple vue du parallélisme du fond avec le côté de la roue, on peut ajuster sur la regle une petite piece qui s'attache à travers la regle au moyen d'une

vis, de maniere que cette piece puiſſe s'approcher juſqu'à l'endroit le plus creux du fond; alors l'arrêtant avec la vis ſur la regle en ce point, en promenant la regle ſur ſa longueur, on verra les endroits du fond qui ſont trop élevés.

798. Cette précaution eſt eſſentielle; car ſi le fond n'eſt pas parfaitement uni & parallele au côté de la roue, le reſſort, en ſe développant, frottera contre les côtés; il éprouvera donc une réſiſtance à ſe développer, en ſorte que ſa force ou ſon impreſſion ſur le rouage ſera preſque anéantie: j'ai même vu des reſſorts qui s'étoient ſi fort *grippés* contre des inégalités de fond ou couvercle de barillet, qu'étant montés tout au haut, ils ne tendoient aucunement à ſe développer, mais toute leur force étoit abſolument ſuſpendue; cela doit arriver lorſque ces reſſorts ont peu de hauteur, les bords portent tantôt contre un fond & tantôt contre l'autre. Lorſqu'on aura tourné la roue de barillet, on l'ôtera de deſſus ſon arbre.

799. Pour faire la virole du barillet, on prend une lame de cuivre que l'on plie en rond, & dont on fait rejoindre les bouts pour les ſouder; pour trouver la longueur de cette lame, on prend le diametre du rebord qui termine le fond de la roue, & on le porte trois fois ſur la planche de cuivre que l'on veut employer: on emploiera du cuivre qui ait environ $\frac{3}{4}$ de ligne d'épaiſſeur: on lui donnera 14 lignes de largeur, & pour longueur, trois fois le diametre du rebord & un peu plus, parce qu'en pliant la virole, elle ſe reſſerre, & que d'ailleurs la circonférence eſt plus grande que trois fois le diametre: pour ployer la virole, on ſe ſervira d'un morceau de bois rond, à-peu-près de la groſſeur de la creuſure; on fera rejoindre les deux bouts de la lame, & on la préſentera contre le fond; s'il reſte environ une ligne de jeu tout autour juſqu'au rebord de la roue, la virole ſera de bonne longueur, parce qu'après qu'on l'aura ſoudée pour la rendre juſte de grandeur, on la forgera pour la durcir, choſe très-néceſſaire; car outre que le cuivre dont on ſe ſert eſt mou, il le devient encore plus en ſoudant la virole.

800. On fera rejoindre les bouts de la virole ſi près que

l'on voudra, en ouvrant l'étau d'environ un pouce; & présentant dessus le côté opposé à la jonction de la virole, on prendra une barre de fer que l'on mettra en dedans de la virole sur le milieu de l'ouverture de l'étau; en frappant avec un marteau sur un bout de cette barre, dont on tient l'autre bout d'une main, on fera joindre la virole.

801. Pour souder la virole, on se servira de *soudure jaune* dont voici la composition. On prendra 2 onces 2 gros de laiton, 4 gros d'argent, & 8 gros de zinc: on fera fondre le tout ensemble dans un creuset; ensuite on coulera ce mêlange en lames bien minces pour les battre plus facilement, & parvenir à les couper en *paillons*. On pourroit se servir de soudure *forte* faite seulement avec du laiton & du zinc; mais la premiere est préférable, parce qu'elle souffre le marteau.

802. Avant que de placer la soudure sur la virole, il faut préparer la jonction de cette virole en passant une lime à égaler, qui rende les deux bouts unis, & de façon qu'ils se joignent avec un intervalle égal qui soit de l'épaisseur d'une feuille de papier: on passera en dedans de la virole, à l'endroit où elle se rejoint, une lime à trois quarts qui ôtera les angles des bouts de la virole: c'est dans cette longueur qu'on placera la soudure; mais avant il faut la jetter dans l'eau pour que les saletés qui pourroient être jointes s'en séparent: on la retirera de l'eau pour la placer en dedans de la virole dans toute la longueur, en arrangeant les paillons à la file l'un de l'autre, bien exactement sur la rainure faite avec la lime à trois quarts: cela fait, on prendra du *Borax* (sorte de sel) que l'on réduira en poudre, & dont on recouvrira toute la soudure qu'on évitera avec soin de déranger: pour que le borax ainsi mis, s'arrête à cet endroit, il est à propos de répandre sur la soudure quelques gouttes d'eau; on mettra aussi sur le dehors de la virole, à l'endroit de la jonction, un peu de borax en poudre, cela facilitera la soudure pour couler à travers, & souder très-parfaitement.

803. En mettant en cet état la virole dans une poële remplie de charbon allumé, on fera une place sur laquelle on

poſera la virole, ayant attention que l'endroit de la ſoudure ſoit toujours en en-bas & bien droite : on n'approchera d'abord que foiblement la virole du feu, parce que la chaleur trop violente ſaiſiſſant le borax, lui fait faire une eſpece de bouillonnement qui renverſe la ſoudure, ce qui n'arrive pas quand on l'approche du feu par degrés inſenſibles.

804. La virole placée bien droite ſur le charbon, on entourera principalement de charbon l'endroit de la ſoudure & aſſez au-deſſus, pour que l'air ne puiſſe pas ſe porter à cet endroit ; on aura ſoin cependant de ne pas cacher la ſoudure, mais de réſerver des paſſages entre leſquels on puiſſe la voir, pour juger de l'inſtant où elle ſe fond : on prendra un ſoufflet dont on dirigera le vent contre les charbons allumés qui peuvent porter leur chaleur directement ſur la longueur de la fente; quand on verra cette partie devenir rouge, on ſoufflera plus foiblement, ayant l'œil à la ſoudure, afin de ſouffler & de retirer la virole au moment où la ſoudure eſt bien fondue, ce qui ſe voit aiſément ; car ſi on la laiſſoit plus long-temps, on courroit le riſque de fondre la virole ; un coup de ſoufflet de plus, quand la ſoudure eſt un peu forte, c'eſt-à-dire, qu'il n'y a pas aſſez de zinc, en fait l'affaire.

805. Quand la virole eſt ſoudée, on prend une *bigorne*, (eſpece d'enclume qui porte un bec recourbé, & formant avec l'enclume un angle droit (ou d'équerre) le bout recourbé eſt d'acier, il eſt rond & conique) : on attache la bigorne ſur un billot de bois : on paſſe la virole dans le bec, & en la frappant à petits coups à l'endroit ſoutenu par la bigorne, on la rendra dure, & on l'aggrandira juſqu'à ce qu'elle ſoit un peu plus grande que le rebord, afin d'avoir de quoi la tourner ; pour la faire emboîter ſur ce rebord, on la rendra bien ronde & cylindrique, c'eſt-à-dire, de même groſſeur dans toute ſa largeur.

806. Pour tourner la virole, on préparera un morceau de bois tourné, ſur lequel on la fera entrer un peu à force ; on appelle cet outil de bois un *Mandrin :* on peut employer du bois de poirier ou de hêtre qui ait trois ou quatre pouces de long, dans lequel on chaſſera à chaque bout deux bouts de fer ayant

un point conique formé avec un pointeau, pour faire rouler sur les pointes du tour, afin qu'en tournant le bois & ensuite la virole, les centres du mandrin ne se déjettent pas, mais qu'ils restent constants.

807. On fera au plus gros bout du mandrin une rainure ronde qui servira de cuivrot; & comme ce cuivrot seroit trop gros si on le laissoit de la grosseur même du mandrin, & que, pour que l'archet fît faire plusieurs tours au mandrin, il seroit nécessaire que cet archet fût très-long, on l'enfoncera d'environ un tiers de plus : on se servira pour cela d'un archet dont la corde entourera le mandrin : le cuivrot étant fait, on tournera le reste du mandrin, & on diminuera le bout jusqu'à ce qu'il entre bien à force jusqu'aux deux tiers de la largeur de la virole, laquelle *débordera* le mandrin d'environ un tiers de sa largeur: on la laissera ainsi saillante, afin de ne pas être obligé de la démonter de dessus le mandrin, pour voir si elle s'emboîte bien; ce que l'on seroit forcé de faire, si elle étoit *à fleur* du bout du mandrin, à cause de la têtine de la roue qui l'empêcheroit : on tournera donc le côté saillant de la virole jusqu'à ce qu'il s'emboîte bien juste & à force sur le rebord de la roue.

808. Si l'on avoit un peu trop ôté du mandrin, & que la virole entrât plus avant que ce que nous avons dit, pour éviter de refaire un autre mandrin, on mettra sa virole de grandeur convenable, en prenant avec le maître-danse la mesure sur la roue, & en tournant la virole, selon cette mesure, mais un peu juste, afin qu'elle s'emboîte à force sur la roue; & s'il restoit un peu trop de force, on en seroit quitte pour reculer un peu le rebord de la roue, ou pour replacer de nouveau la virole sur le mandrin : en tout cas, avant de démonter la virole, on ne fera pas mal de la repaïrer avec le mandrin, afin qu'elle se remette facilement droite & ronde.

809. Si lorsqu'on a tourné rond le bout de la virole, elle entroit trop librement, il faudroit l'aggrandir en la forgeant; & si au contraire, on l'avoit trop aggrandie, en sorte que pour la faire emboîter sur la roue il fallût trop l'amincir, on seroit forcé

forcé de couper la virole à l'endroit de la ſoudure, de l'accourcir de quelques lignes plus ou moins, ſelon qu'elle ſeroit trop grande, de la reſſouder & de la reforger. Mais ſuppoſant la virole de bonne grandeur, on en tournera le côté de devant; enſuite on tournera le dehors de la virole juſqu'à la diſtance de 4 à 5 lignes du devant; on rendra cette partie cylindrique, & on la diminuera juſqu'à ce qu'elle puiſſe s'emboîter ſur le rebord de la roue de barillet. Quand le bout de la virole ſera ainſi tourné, on y fera un trait de burin léger, qui ſoit diſtant du bord, de l'épaiſſeur du fond du barillet, plus, ce qu'il eſt beſoin de réſerver pour la rivure des tenons qu'il faut former ſur cette virole pour l'aſſembler avec la roue : ce trait réglera l'enfoncement de ces tenons. Cela fait, on ôtera la virole de deſſus le mandrin ; enſuite on prendra un foret qui ait pour groſſeur l'épaiſſeur du bout tourné de la virole : on ſe ſervira de ce foret pour percer ſix trous ſur le fond de la roue de barillet tout près du rebord; ces trous ſeront placés à peu près à égale diſtance les uns des autres : ces trous étant percés, on emboîtera la virole ſur la roue, en ſorte que le bout touche le fond; & avec le même foret qui a ſervi à percer les trous au barillet, on marquera (en faiſant tourner ce foret avec un archet) des points ſur le bout de la virole, qui indiqueront parfaitement l'endroit où on doit former les tenons : on aura attention, en emboîtant la virole, que l'endroit de la ſoudure ſe trouve dans l'intervalle de deux trous ; car ſi par haſard il ſe trouvoit un tenon à l'endroit de la ſoudure, il ne vaudroit rien, car on ne pourroit pas le river : avant de déboîter la virole, on fera un petit trait ſur le champ de la roue & autant vis-à-vis ſur la virole; ce qui ſervira de repaire & indiquera l'endroit où il faudra placer la virole, pour que les tenons correſpondent vis-à-vis leurs trous.

810. La virole étant démontée, on l'entaillera avec une lime entre tous les endroits marqués par le foret juſqu'au trait que l'on a fait au tour & bien exactement en ne faiſant que de l'atteindre, & ainſi tout à l'entour : on réſervera de quoi former les tenons, qu'on fera ronds & de la groſſeur juſte des trous percés à la

roue, ce que l'on verra en les présentant chacun sur leur trou par le côté plan du barillet : les tenons étant bien faits, on mettra en chanfrein les trous des tenons du côté plan de la roue : pour cet effet, on prendra un foret aigu, de moitié plus gros que le trou, & on enlevera l'angle autour du trou, c'est ce que les Horlogers appellent *chanfreiner*, ou mettre en *chanfrein* : on emboîtera ensuite la virole sur la roue, en la mettant à son repaire ; on chassera la virole à force ; & lorsque le fond des tenons joindra parfaitement le fond de la roue, on rivera les tenons avec la tête d'un marteau, ensorte que ces tenons en se rebroussant, remplissent la creusure ou chanfrein que l'on a fait à la roue.

811. Il y a des Ouvriers qui se servent d'une méthode plus simple pour fixer la virole avec la roue : ils ne font, après qu'ils l'ont emboîtée bien juste, que de la souder à l'étain. Mais cette méthode est très-défectueuse & peu solide ; car 1°, on amollit la roue & la virole en faisant fondre l'étain ; & 2°, une telle soudure ne peut résister à de grands efforts : il y a même des gens qui prétendent que l'huile ronge cette soudure ; c'est ce que je n'ai pas vu ; quoi qu'il en soit, je conseille à ceux qui desireront faire de bon ouvrage de ne jamais rien souder à l'étain.

812. Le barillet ainsi monté ; on remettra la roue sur l'arbre à vis à son repaire, & on s'en servira à diminuer la hauteur de la virole jusqu'à ce que le barillet ait en tout 12 lignes $\frac{10}{12}$ de hauteur ; ainsi qu'il est nécessaire, comme nous l'avons dit (793).

813. Quand on aura mis le barillet de hauteur, il faudra tourner rond le dedans de la virole & jusqu'au fond : pour cet effet, on placera le support de l'autre côté du tour, & on fera entrer la moitié de ce support dans le barillet : on prendra un fort burin qu'on passera sous la broche du tour, & on roulera la corde de l'archet sur le cuivrot de l'arbre en sens contraire, afin que le barillet tourne dans le sens convenable pour faire couper le burin : on pourroit bien tourner le dedans du barillet en tenant le support du même côté & en tournant à l'ordinaire ; mais cette situation est plus gênante.

814. Quand on aura tourné le dedans du barillet, on creusera tout au bord intérieur de la virole une petite retraite large d'une bonne demi-ligne & profonde de $\frac{1}{8}$ de ligne, arrondie par son entrée & rentrée un peu plus profondément en dedans; c'est ce qu'on appelle le *drageoir* du couvercle : le couvercle du barillet doit entrer à force sur ce drageoir; & lorsqu'il y est logé, il ne doit en sortir qu'avec effort; c'est pour cela qu'il faut que cette retraite ou drageoir soit un peu plus creusée en dedans.

815. Lorsque le drageoir est fait, il faut faire le couvercle qui doit être de cuivre doux fondu, afin de réserver à son centre une têtine pour augmenter l'épaisseur du trou; car le couvercle ne devant avoir que demi-ligne d'épaisseur, cela ne seroit pas suffisant pour le frotement qu'il éprouve en roulant autour du pivot de l'arbre de barillet.

816. Si l'on n'a pas de couvercle fondu, & qu'on ne veuille pas se donner la peine de faire un modele pour cela, on prendra du cuivre (ou laiton) qui ait une ligne $\frac{1}{2}$ d'épaisseur; on le réduira à une ligne en le forgeant; on percera un trou plus grand que celui de la roue & propre à entrer sur l'arbre à vis de la grosseur au-dessus de celui qui a servi à tourner la roue de barillet, c'est-à-dire, dont la portée aura 3 lignes $\frac{1}{2}$ de diametre; on tournera ce couvercle jusqu'à ce qu'il soit réduit à demi-ligne d'épaisseur à la réserve de la têtine; on le tournera de grandeur à entrer bien à force dans le drageoir de la virole de barillet; mais avant que de le faire entrer, il faut faire au bord du couvercle une entaille propre à loger le bout d'un gros foret : cette entaille servira à retirer le couvercle de son drageoir, ce que l'on auroit de la peine à faire sans cette précaution; d'ailleurs cette entaille servira toujours lorsqu'on voudra *lever ce couvercle.*

817. Le barillet étant monté, il faudra faire l'arbre de barillet; on le fera forger portant une tête pour remplir le vuide entre les deux têtines du couvercle & de la roue : cette tête doit être environ trois fois plus petite que l'intérieur de la virole, c'est-à-dire, que si la virole a un pouce $\frac{1}{2}$ de dia-

metre en dedans, la tête de l'arbre devra avoir 6 lignes toute tournée : on fera forger deux tiges à cet arbre, dont l'une plus grosse doit être assez longue, pour que sur l'axe prolongé en dehors de la cage, il y ait au moins un pouce pour faire le quarré pour remonter le ressort ; l'autre bout n'a besoin que d'assez de longueur pour y former un pivot pour le mettre en cage : au reste, il faut le faire forger plus long & plus gros qu'il n'est besoin, afin qu'il y ait de quoi le tourner bien rond : le Forgeron réservera à la tête de quoi y former le crochet pour le ressort ; il doit forger cette tête ronde ainsi que le reste, pour qu'il y ait moins à ébaucher.

818. Pour fixer la longueur de la tête, c'est-à-dire, pour prendre la mesure bien juste de l'intervalle entre les deux têtines du barillet, on prendra un morceau de cuivre que l'on fera entrer dans le trou du couvercle ; on le fera porter contre la têtine de la roue ; on fera une entaille à ce morceau de cuivre à l'endroit du couvercle, laquelle on reculera jusqu'à ce que la partie intérieure entre sans jeu entre la roue & le couvercle : on prendra cette hauteur avec le maître-danse, & on diminuera la tête en conséquence, en la tenant un peu juste, pour qu'on ait de quoi tourner en achevant l'arbre.

819. Après qu'on a ébauché l'arbre à la lime, il faudra le tourner dans toute sa longueur & le mettre à peu près de grosseur ; on tournera de même la tête. Quand l'arbre sera ainsi préparé, pour achever de le tourner rond, on terminera les pointes coniques, lesquelles n'étant d'abord faites qu'à la lime ne peuvent pas être rondes ; ensorte que par leur moyen ce qu'on tourne devient irrégulier, comme les pointes. Pour former ces pointes, il faudra les tourner au burin jusqu'à ce que la pointe faite à la lime soit coupée : on coupera ainsi de chaque bout de l'arbre la longueur d'une ligne : on fera rouler les pointes sur une broche entaillée, en appuyant avec une lime carelette douce, qui achevera de rendre la pointe aiguë : on en fera autant à toutes deux ; on fera rouler ces pointes dans des points peu profonds des broches du tour, & on tournera encore avec le burin le plus près de la pointe que l'on pourra. Avec

ces précautions très-faciles à prendre, on sera assuré que les pointes sont parfaitement rondes : au lieu que celles qui sont faites à la lime seulement sont presque toujours ovales, & que la piece qu'on tourne avec de telles pointes ne peut jamais se tourner ronde, elle reste ovale comme la pointe : cette pointe ne doit être ni trop aiguë ni trop obtuse, elle doit former un angle d'environ 45 degrés. Cette maniere de former les pointes est essentielle, & beaucoup d'Ouvriers feroient très-bien d'en faire usage ; car elle doit s'appliquer à tous les ouvrages d'Horlogerie qui se font en tournant sur la pointe, & singuliérement aux pignons.

820. Ces pointes ainsi préparées, on pourra achever de tourner l'arbre & réduire ses pivots à la grosseur convenable donnée par les trous de barillet : on observera que le petit pivot de l'arbre doit entrer dans le trou de la roue de barillet & le gros pivot dans le trou du couvercle ; on tient ce pivot-ci plus gros, afin qu'après l'avoir diminué au point d'avoir une portée pour le contenir en cage, l'axe prolongé, qui passe par la platine des piliers pour aller au cadran, ait assez de solidité pour que le quarré de l'arbre qu'on ne fait ordinairement que de fer, & qui doit recevoir la clef destiné à remonter le ressort, ne puisse être tordu ou faussé par l'effort que ce ressort exige pour être bandé. Mais avant de réduire les pivots à leurs grosseurs, il faut passer l'écarissoir dans chaque trou, le faisant entrer par le côté opposé à celui par lequel ils ont été d'abord aggrandis, c'est-à-dire, qu'il faudra passer l'écarissoir du côté du dedans, soit du couvercle ou du barillet, & jusqu'à ce que le trou ait pris la figure un peu conique de l'écarissoir, (qui ne doit pas être trop en pointe, mais sensiblement cylindrique) ; par ce moyen le roulement du trou sur l'arbre se fera selon toute son épaisseur, ce qui rendra le frottement plus constant. On diminuera donc insensiblement les pivots jusqu'à ce qu'ils entrent très-juste & un peu à force dans les trous du barillet, & on aura l'attention que ces pivots aillent en décroissant comme l'écarissoir ; par ce moyen ces pivots porteront sur toute l'épaisseur des trous ; l'on diminuera la longueur de la tête de l'arbre, selon la mesure qu'on aura prise avec le maître-

danse ; en sorte que par ce moyen, lorsque le barillet roulera sur son arbre, il n'aura point de jeu, selon l'axe, ce qui est très-essentiel ; car le barillet étant en cage, il pourroit aller frotter soit contre la grande roue moyenne, soit contre celle de minutes.

821. Les pivots de l'arbre doivent être tournés avec grand soin, bien ronds & unis ; & avant qu'ils entrent tout-à-fait dans leurs trous, on prendra une lime douce carelette d'Angleterre marquée au *T*, que l'on appuyera sur les pivots en faisant rouler l'arbre, afin de les adoucir ; mais il faut que cette lime n'enleve précisément de la matiere que les petites inégalités du burin ; car si l'on s'en servoit pour diminuer l'arbre, elle lui feroit perdre la rondeur exacte que le tour lui a donnée, sur-tout si la matiere de l'arbre n'est pas également dure ; car les parties molles s'enleveront plutôt, & l'arbre deviendra ou ovale ou par ondes, &c. On prévient cet obstacle lorsqu'on fait bien tourner ; car en tenant le burin inébranlable, quoique la matiere que l'on tourne soit inégale, le burin en emporte également tout autour : on ne se sert donc de la lime que pour adoucir les traits du burin, & ainsi le pivot se conserve rond.

822. J'ai dit ci-dessus, qu'il faut faire entrer un peu à force les pivots dans leurs trous, en voici la raison : c'est pour achever de tourner le dehors de la virole de barillet ; car le barillet entrant à force sur son arbre ; après qu'on l'aura assemble avec le couvercle & le barillet on pourra tourner la virole en faisant entrer un gros cuivrot sur le bout de la grande tige de l'arbre : & comme cet arbre est supposé parfaitement rond, on tournera le barillet de même, ainsi que la virole qui est encore brute. Lorsqu'on l'aura tournée bien unie, on passera une lime douce en roulant le barillet, pendant que la main promene la lime dans le sens contraire au chemin du barillet ou de l'archet. Avant de démonter le barillet, c'est-à-dire, d'ôter le couvercle : on fera à l'endroit de l'entaille de ce couvercle un repaire sur le bord de la virole, pour que toutes les fois qu'on remontera le barillet, on fasse convenir l'entaille avec ce repaire, afin que le barillet tourne toujours parfaitement droit & rond ; ce qui pourroit bien ne pas arriver, si l'on changeoit la position du

couvercle : il ne faut, pour que cela arrive, qu'à avoir un couvercle qui auroit été tourné fur un arbre mal rond, c'eft-à-dire, dont le trou du couvercle ne fût pas bien concentrique au bord.

823. Quand on aura démonté le barillet, il faudra paffer une lime à pivot fur les pivots & contre les portées de l'arbre; enfuite on les polira : pour cet effet, on prendra un morceau de bois de noyer limé bien d'équerre & uni, & en faifant rouler l'arbre fur le tour, on mettra du *rouge d'Angleterre* broyé avec de l'huile fur l'arbre; ce rouge s'attachera au bois & polira les pivots & les portées. A propos de ces portées; pour en réduire le frottement, il ne faut pas qu'elles ayent toute la largeur de la tête de l'arbre : on ôtera donc les angles de la tête, pour que les portées ne frottent fur les têtines que du centre. Quand on fait le barillet (& avant de le monter), on peut un peu arrondir ces têtines, en leur laiffant feulement autour du trou une demi-ligne de largeur & une ligne du côté du fond, comme je l'ai dit.

824. Quand les pivots feront polis, on les préfentera dans leurs trous; s'ils y entrent encore à force & que le poli n'ait pas ôté affez de matiere pour que le barillet roule librement fur fon axe, on paffera légérement l'écarriffoir dans les trous, jufqu'à ce qu'il roule librement & fans jeu. Il y a des Ouvriers qui, après avoir tourné le barillet fur l'arbre, comme nous l'avons dit, pour le mettre libre, introduifent dans les trous un peu de rouge d'Angleterre bien fin, & qui, rendant l'arbre fixe en le ferrant à l'étau, font rouler d'abord avec la main & enfuite à l'archet le barillet; en forte que les trous & les pivots s'ufent dans les endroits où ils frottent le plus : & que fi les trous ne font pas ronds ils font forcés à le devenir. Quand le barillet commence à tourner librement, on le démonte pour nettoyer les trous & les pivots, & on remonte enfuite le barillet : s'il ne tourne pas encore affez librement, on introduit de nouveau du rouge dans les trous, en obfervant que fi un de ces trous a déja un peu de jeu, il ne faut point y mettre de rouge; mais feulement à celui qui eft trop jufte.

825. Lorfque le barillet tournera librement fur fon arbre,

on le placera tout monté ſur le tour, (les trous & pivots étant bien nettoyés), & on l'attachera à une tenaille à vis qui rendra l'arbre immobile : alors on prendra un grand archet dont on paſſera la corde ſur la virole, comme ſur un cuivrot ; on fera, par ce moyen, rouler le barillet ſur ſon arbre, & on tournera la roue parfaitement ronde ſur ſa circonférence, & droite ſur ſes côtés : on démontera le barillet, & on limera bien plan le côté extérieur de la roue de barillet, qui étoit reſté en partie brut à cauſe de l'arbre à vis que l'aſſiette recouvroit.

826. Le barillet ainſi fait, il faudra le placer en cage. Pour cet effet, il faudra former des pivots ſur l'arbre pour entrer dans les platines ; c'eſt-à-dire, qu'il faudra diminuer cet arbre de maniere que les pivots qui doivent entrer dans les platines ſoient retenus ſur leur longueur par la plus grande groſſeur de l'arbre, en ſorte que cet arbre ne puiſſe que tourner ſans pouvoir changer de place, ſelon ſon axe : on appelle *portée* cette groſſeur d'un axe quelconque qui le contient ; tel eſt l'effet de la tête de l'arbre dans le barillet : les pivots des roues ſont ainſi bornés par des portées qui les retiennent dans leurs cages.

827. Pour former les portées à la hauteur convenable pour que le barillet étant mis en cage, on conſerve de chaque côté la place de la roue de grande, moyenne & celle des minutes, il ſera néceſſaire de remonter le barillet & de le préſenter ſur le côté de la cage, afin qu'en réſervant les intervalles convenables pour ces roues, on puiſſe marquer ſur l'arbre l'endroit de la portée du côté de la roue, c'eſt-à-dire, du petit pivot : on levera donc le pivot que l'on réduira juſqu'à ce que la portée ait environ $\frac{2}{12}$ de ligne de large tout autour : ainſi le pivot qui roule dans le trou du barillet ayant, je ſuppoſe, 3 lignes, on donnera au pivot qui doit entrer dans la ſeconde platine 2 lignes $\frac{8}{12}$ de diametre ; on retranchera donc $\frac{4}{12}$ du premier pivot de l'arbre.

828. On ne reculera pas d'abord la portée à l'endroit marqué, il vaut mieux la préſenter à pluſieurs fois, afin de ménager convenablement les intervalles entre la platine &

la

la roue : (on appelle *jour*, l'intervalle qu'il y a d'une roue à une autre, ou à la platine ou à une piece quelconque). La portée ainsi reculée jusqu'à ce que le barillet ait le jour requis, avec la seconde platine pour la place de la grande roue moyenne, & dessous la virole pour celle de la longue tige; on redémontera l'arbre; on adoucira le pivot, & on le polira avec le bois & du rouge, de la même maniere que je l'ai indiqué ci-dessus; & mettant quatre goupilles aux piliers pour arrêter la cage, on prendra avec le maître-danse, la hauteur de la cage, & à l'endroit où le barillet doit être placé, ce qui est marqué sur le dehors de la platine des piliers. On mettra l'arbre sur le tour, & on présentera les pointes de l'outil, en en plaçant une contre la portée du pivot fini; l'autre marquera l'endroit juste de la portée du gros pivot : on *levera* ce pivot, c'est-à-dire, qu'on le dimiuuera de maniere à former une portée qui ait environ $\frac{2}{12}$ de ligne de largeur; ainsi la grosseur du trou du couvercle de barillet ayant 3 lignes $\frac{1}{2}$ de diametre, le pivot devra avoir 3 lignes $\frac{2}{12}$: ce pivot formé & la portée reculée, selon la mesure donnée par le maître-danse, on ôtera le cuivrot mis sur le bout du long pivot, & on le placera sur le court pivot, afin de diminuer cette tige dans toute sa longueur, & de la réduire à la grosseur du fond de la portée, & même en allant un peu en diminuant, de la portée au bout de la tige. On polira la partie du pivot qui est contre la portée, seulement un peu plus que l'épaisseur de la platine des piliers, n'étant pas nécessaire de polir le reste de cette tige, cela seroit inutile, puisqu'il faut y faire le quarré de remontoir.

829. Il faudra avoir grande attention, pendant tout le temps que l'on tournera cet arbre, d'entretenir d'huile les pointes des pivots, afin que par leurs frottements sur les trous coniques des broches du tour, ces pointes ne se rongent, & ne se jettent de côté; car alors le pivot que l'on tourne actuellement ne seroit plus concentrique à celui du barillet, défaut très-considérable, puisque l'engrenage du barillet avec son pignon seroit tantôt fort & tantôt foible, selon le côté que cet arbre présenteroit au pignon.

830. L'arbre ainſi préparé pour être mis en cage, il faudra percer les trous aux platines. Pour cet effet, on fera un foret qui ſoit un peu plus petit que le plus petit pivot : on percera avec ce foret un trou à la platine des piliers, à l'endroit où le cercle du barillet a été marqué en traçant le calibre; on appliquera enſuite & à ſon repaire, le dehors de la ſeconde platine dont les tenons entreront dans leurs trous faits à celle des piliers; le trou percé pour le barillet à la platine des piliers, dirigera le foret pour percer exactement le trou correſpondant à la ſeconde platine; (on employera le même foret pour percer ce ſecond trou) : on appelle cela *percer les trous l'un ſur l'autre.* On paſſera un écariſſoir légérement, pendant que ces platines ſont ainſi aſſemblées, afin que ces trous ſe conviennent ou coïncident parfaitement; on aura attention à tenir le foret, quand on perce les trous, perpendiculaire aux plans des platines, & on obſervera la même choſe en aggrandiſſant ces trous. On ſéparera enſuite les platines, & on aggrandira le trou de la ſeconde platine, juſqu'à ce que le petit pivot y entre bien juſte. On fera attention à faire entrer l'écariſſoir par le côté intérieur de la platine, afin que ce pivot porte ſur toute l'épaiſſeur du trou. On aura eu attention, ainſi qu'on doit le faire pour les pivots quelconques, de les diminuer un peu par le bout & ſelon la forme des écariſſoirs qui ne doivent pas être trop en pointe.

831. Pour adoucir l'intérieur des trous, après qu'on y a paſſé l'écariſſoir, il faut faire des outils qu'on appelle des *Alaiſoirs;* ils ſont de la forme des écariſſoirs, c'eſt-à-dire, preſque cylindriques, ils ſont tournés ronds, & on les laiſſe tels; on les adoucit bien ſelon leur longueur, en ſorte que par leur moyen on polit & on rend très-ronds les trous de pivots. On aggrandira de la même maniere le trou du gros pivot de la platine des piliers, & l'on mettra l'arbre dans la cage; il doit tourner très-juſte & ſans jeu, ſoit ſelon ſa hauteur, ou ſoit ſelon la grandeur des trous qui doivent être exactement de la groſſeur des pivots.

832. Lorſque l'arbre eſt mis en cage, on travaille à l'en-

cliquetage. Pour cet effet on commence par limer quarrément le grand pivot de l'arbre, afin d'y ajuster le rochet ; le rochet doit approcher de la platine avec un petit jour pour n'y pas frotter : ainsi pendant que l'arbre est en cage, il faut faire, presque à raz de la platine, un trait sur l'arbre, ce qui marque l'origine du quarré du remontoir : on ôte l'arbre de la cage, & on le met sur le tour ; & avec un burin aigu, on marque tout autour de l'arbre un trait fin pour régler également cette origine du quarré. On formera donc dans toute la longueur saillante du pivot, quatre pans ou sections que l'on enfoncera petit-à-petit jusqu'à ce que cela forme un quarré dont les angles ne seront pas tout-à-fait aigus ; & pour ne pas être exposé à échapper avec la lime sur le pivot qui est à l'origine du quarré, on fera entrer sur le pivot une petite virole de cuivre tournée de l'épaisseur de la platine, & qui recouvre juste le trait du burin qui regle la longueur du quarré : cette virole retiendra le côté non taillé de la lime, (on se sert de lime bâtarde d'Angleterre). Quand le quarré sera ainsi ébauché, on ôtera la virole, & on reculera petit-à-petit le quarré jusqu'à ce qu'il atteigne également tout autour le trait. Pour s'assurer que les angles du quarré sont droits ou d'équerre, on présentera une petite équerre ; & pour juger que chaque section est de même largeur, on se servira du calibre à pignon, (si l'on n'a pas la vue assez bonne pour en juger sans l'outil). Chaque pan ou section étant égales, & les angles étant droits, le quarré sera bien fait, & on l'adoucira avec une carrelette au *T*, d'abord en limant bien droit en travers l'axe & ensuite selon sa longueur. On appelle cette derniere maniere de limer, *Ettirer en long.*

833. Il y a des Ouvriers qui, pour limer bien droit les côtés du quarré, placent l'arbre sur le tour en le laissant mobile sur les deux pointes, & en cet état ils achevent de limer le quarré, ce qui rend ses côtés bien plats. On peut faire la même chose après qu'il est ébauché à l'étau, en le limant sur un morceau de liege d'environ un pouce $\frac{1}{2}$ quarré pour l'épaisseur & de la longueur des mâchoirs de l'étau plus ou

moins ; on attache ce liege à l'étau : on dresse très-bien à la lime les pieces que l'on fait ainsi appuyer sur du liege.

834. Lorsque le quarré de l'arbre est achevé, on ajuste quarrément le rochet d'encliquetage *R*, *fig.* 3. Pour rendre ce trou quarré, on commence d'abord par aggrandir le trou rond avec un écarissoir jusqu'à ce qu'il soit de la grandeur d'un cercle inscrit au quarré qui termine l'arbre, c'est-à-dire, que ce trou ait pour diametre l'épaisseur du bout du quarré pris depuis un pan jusqu'à celui qui lui est opposé ; ensuite on fera un quarré d'acier de la même grosseur & figure que le quarré de l'arbre; ce quarré ayant ses angles coupés vifs & tranchants, sera droit & bien régulier ; on l'adoucira selon sa longueur : après l'avoir limé bien plat, & avec les soins employés à l'arbre, on trempera ce quarré, qui est un outil que l'on appelle un *Etampe*, c'est-à-dire, qu'on le fera chauffer jusqu'à ce qu'il soit également rouge & couleur de cerise ; en cet état, on le plongera dans un vase rempli d'eau froide, par ce moyen l'acier acquerra le plus grand degré de dureté ; c'est cette opération que l'on appelle *la trempe :* mais comme l'acier qui a acquis cette dureté, devient cassant comme du verre, & qu'il n'y a gueres que les burins qui ayent besoin d'être si durs, on se sert d'un moyen très-simple pour l'amollir un peu : c'est, après qu'il est trempé, de commencer par blanchir avec de la pierre-ponce les côtés du quarré que l'on pose sur le charbon allumé, & de le laisser chauffer jusqu'à ce que l'acier qui étoit blanc, devienne jaune : on appelle cette opération *faire revenir.* On fait revenir l'acier plus ou moins, selon qu'il est besoin que la piece soit dure : si, par exemple, on vouloit se servir de ce quarré, pour rendre quarré un trou fait dans l'acier, il ne faudroit que le faire devenir jaune ; & si on veut seulement s'en servir pour du cuivre, il sera assez dur, en le faisant revenir d'un bleu vif : c'est la même pratique, lorsqu'il est question de tremper un foret, on le fait revenir, selon qu'il doit servir à percer de l'acier trempé ou du cuivre, &c. A propos de forets, quand on a de petits forets à tremper, on ne les

fait pas chauffer dans le charbon, on se sert d'un outil qu'on appelle un *chalumeau*, c'est une espece de tuyau recourbé par son petit bout, dont on place la plus grande ouverture dans la bouche & la plus petite sur la flamme d'une grosse chandelle; en soufflant on dirige cette flamme contre le foret jusqu'à ce qu'il soit rouge, alors on le plonge dans le suif de la chandelle même qui le saisit & le trempe : on le blanchit & on appuie le bout du foret trempé sur une lime; on présente la tige du foret à la flamme pour le faire chauffer, en sorte que cette tige qui est trempée *revient*, c'est-à-dire change de couleur, tandis que le bout du foret qui pose sur la lime conserve toute sa dureté, & sans être sujet à casser : si l'on veut que le foret soit moins dur, on continue à faire chauffer la tige, & l'on appuie moins fort contre la lime, & on le fait revenir comme on veut.

835. Lorsqu'on aura trempé l'étampe, on le chassera à force dans le trou du rochet, lequel prendra petit-à-petit la forme du quarré que l'on fera alternativement entrer & sortir à coup de marteau, & en enduisant l'étampe d'huile, jusqu'à ce que le trou puisse entrer à force & très-juste sur le quarré de l'arbre du barillet : quand on l'aura enfoncé jusqu'au fond, & avant cela, ôté les bavures que l'étampe aura faites, c'est-à-dire, qu'on aura passé la lime sur les côtés plats du rochet; cela, dis-je, ainsi préparé, on tournera le rochet sur son arbre, & l'on terminera le bas des dents par un trait fait avec un burin sur le tour, afin de régler également l'enfoncement de ces dents.

836. Comme le rochet est fendu avec des dents inclinées, il faudra avoir attention, en étampant son trou, c'est-à-dire, en le rendant quarré, de faire entrer le quarré par le côté convenable pour que l'encliquetage se fasse de maniere qu'en bandant le ressort, il fasse tourner la roue des minutes en avant, & selon l'ordre des chiffres du cadran : or comme il y a une roue intermédiaire entre le barillet & celle de longue tige, il suit que le barillet doit tourner du même côté que celle des minutes. Il faudra donc que les dents du rochet soient

inclinées de ſorte qu'on bande le reſſort en tournant en avant, & comme cela eſt dans la figure 3, qui repréſente le côté extérieur de la platine des piliers : on étampera donc le trou de ce rochet, en faiſant entrer le quarré par le deſſous du rochet.

837. Lorſqu'on aura tourné le rochet, il faudra percer un trou à travers le quarré de l'arbre bien à fleur du rochet, lequel ſervira à retenir le rochet avec le quarré au moyen d'une goupille *n*; enſuite avant de démonter ce rochet de deſſus ſon quarré, il faut marquer un repaire en faiſant un point ſur un des pans du trou du rochet & autant ſur le côté correſpondant de l'arbre, afin qu'on le remette toujours de même, & que par ce moyen le rochet tourne rond.

838. On achevera de limer réguliérement les dents du rochet dont le côté droit doit être un peu dirigé en rentrant en *R*, centre du rochet, pour mieux retenir & arcbouter contre le cliquet *c*; car ſi le devant des dents étoit dirigé de l'autre côté du centre, l'effort du moteur tendroit à éloigner le cliquet, ainſi le reſſort ſe débanderoit tout à coup : on fera le cliquet auquel on donnera la figure de celui *c* (*fig.* 3).

839. Pour faire le cliquet on prendra du fer, qui ſoit un peu plus épais que le rochet, afin que portant à plat ſur la platine, il ſoit à fleur avec le rochet; on percera dans le milieu de ſa longueur qui eſt arbitraire, mais qui peut être d'un pouce pour cette horloge; on percera, dis-je, un trou qui ait environ une ligne $\frac{1}{2}$ de groſſeur; c'eſt ſur ce trou que le cliquet doit être mobile, en tournant autour de la vis *d* fixée à la platine.

840. Pour faire cette vis, voici comment on opérera : on prendra du fil de fer bien net qui ait près de trois lignes de groſſeur ; on formera des pointes à cette broche : à l'un des bouts, on chaſſera un cuivrot pour ſervir à tourner les vis que l'on fera avec cette tige : à l'autre bout, on levera un pivot d'abord à la lime qui ait plus d'une ligne de groſſeur, & enſuite on tournera ce pivot, & ſa portée juſqu'à ce qu'il ait environ une ligne un peu plus ou un peu moins, ſelon la groſſeur

des trous de la filiere dont on veut se servir, mais plutôt plus grosse; car comme elle doit soutenir tout l'effort du grand ressort ou moteur, elle a besoin d'une certaine solidité; on fera entrer à force en tournant à droite ce pivot dans le trou de la filiere, en sorte que les pas de la filiere s'impriment profondément dans le pivot qui deviendra une vis : on appelle cela *tarauder la vis*. On taraudera ainsi cette vis jusqu'à sa portée.

841. Pour bien tarauder, il faut qu'à chaque demi-tour que l'on tourne en avançant, reculer ensuite d'autant, & revenir sur ses pas, & avancer après d'un demi-tour, en allant & revenant par degrés jusqu'à la portée. Pour faciliter le taraudage de la vis, il faut y mettre de l'huile, ainsi qu'au trou de la filiere.

842. Pour diminuer à propos la vis de maniere qu'elle ne soit ni trop petite ni trop grosse, mais qu'elle se taraude bien, il faut la tourner d'abord un peu en pointe, ensorte que l'extrémité du bout puisse entrer dans le trou de la filiere, & on va en avançant jusqu'au point où l'on voit le filet de la vis terminé & arrondi : c'est-là le point de grosseur convenable; il ne faudra plus que tourner le reste de la vis jusqu'à la portée de la même grosseur, & continuer à tarauder.

843. Il y a des filieres qui portent à côté de chaque trou taraudé des trous unis qu'on appelle *Trous d'essai*, lesquels servent à donner la grosseur dont il faut diminuer la vis pour être taraudée; on tourne la vis de grosseur à entrer dans le trou d'essai, ensuite on les taraude : on peut suppléer à ces filieres (qui sont commodes pour des personnes peu dans l'usage de travailler) en employant la méthode que je viens d'indiquer.

844. Lorsque la vis vient à se courber en taraudant, il faut la redresser en frappant sur la broche mise sur le tour & jusqu'à ce qu'elle soit bien ronde; ensuite on levera au burin une seconde portée distante de celle qui termine la vis de l'épaisseur du cliquet : on diminuera le pivot que cela formera jusqu'à ce qu'il entre très-juste dans le trou du cliquet, & que

la portée qui reſtera après la vis, déborde un tant ſoit peu. Cette portée qui termine la vis, eſt néceſſaire pour arrêter la vis ſur la platine, & de maniere à laiſſer la liberté au cliquet de tourner autour : la ſeconde portée ſert à empêcher le cliquet de s'écarter de la platine; c'eſt pour ces raiſons qu'on appelle cette vis, *Vis à portée.*

845. La vis ainſi préparée, & le bout du cliquet qui doit agir ſur le rochet, étant limé de maniere à remplir le vuide des dents, comme on le voit dans la figure, on pourra le placer; on le préſentera donc ſur la platine, lorſque le rochet eſt placé ſur l'arbre du barillet mis en cage; l'on fera appuyer le bout contre les dents du rochet, & l'on marquera avec une pointe ſur la platine l'endroit du trou du cliquet : on percera par ce point un trou dans lequel devra entrer la vis. Pour percer ce trou de groſſeur convenable, on fera un foret qui paſſe juſte dans le trou de la filiere qui a ſervi à tarauder la vis; on trempera ce foret, & enſuite on percera le trou de la vis de cliquet à la platine.

846. Pour tarauder ce trou, c'eſt-à-dire, pour le former par un pas de vis, on prendra un bout d'acier quarré dont on formera le bout en vis & ſans le rendre rond, en le faiſant paſſer dans la filiere, en ſorte qu'il n'y aura que les angles qui ſe forment en vis; lorſque la vis ſera bien formée ſur ces angles, & de longueur un peu plus que l'épaiſſeur de la platine, on trempera ce bout d'acier taraudé, & qu'on appelle un *Taraud;* on le fera revenir bleu, & on s'en ſervira pour former le trou fait à la platine en vis : ainſi les angles creuſeront la rainure ſpirale de la vis. Pour faciliter le taraudage du trou, il faudra enduire le taraud de ſuif de chandelle; après qu'on a fait entrer toute la partie taraudée du taraud dans la platine, on paſſe une lime ſur le trou pour ôter la rebarbe ou bavure, & l'on fait entrer la vis qui eſt encore au bout de la broche, juſqu'à ce que la portée s'applique ſur la platine : on retire la vis, & on met le cliquet; on remet de nouveau la vis afin de voir ſi le cliquet a aſſez de jeu; s'il n'en a pas aſſez, on reculera la ſeconde portée qui recouvre le cliquet, & on l'adoucira

l'adoucira avec une lime à pivot : alors on fait la tête de la vis qui doit avoir près d'une ligne d'épaiſſeur au-deſſus de la ſeconde portée qui recouvre le cliquet : le deſſus de la tête doit être un peu arrondi au burin, après quoi on paſſe ſur cette tête une lime douce *à arrondir* ; on fait entrer la vis dans le trou de la filiere, & on acheve de couper la tête d'avec la tige ; on ſe ſert pour cela d'une lime *à fendre* ; enſuite avec la même lime à fendre, & par le milieu de la tête de la vis, on fait une fente pour pouvoir la viſſer & déviſſer au moyen du tourne-vis : on adoucira le deſſus de cette tête, on l'ôtera de deſſus la filiere, & on la placera ſur la platine avec le cliquet. (Cette vis *d* eſt vue de profil, *fig.* 20).

847. Enfin pour achever l'encliquetage, il faudra faire le reſſort *r f d.* Pour cet effet on prendra un morceau d'acier qui ait environ vingt lignes de long & trois de large, & de l'épaiſſeur du cliquet ; on percera à ſix lignes de diſtance d'un bout, un trou d'une ligne de groſſeur ; on limera la tête *e* du reſſort à-peu-près de la figure que l'on voit dans la figure 3, en laiſſant de la force autour du trou ; on limera en diminuant le reſte de la longueur, depuis la tête juſqu'au bout, comme on le voit dans la figure. Quand on l'aura ainſi limé de la force convenable pour faire reſſort, on le battra au marteau légerement dans toute ſa longueur, afin de le durcir ; enſuite on l'adoucira, & avec un *bruniſſoir* (outil d'acier trempé qui eſt ovale & poli), on le polira ; on paſſera pour cela le bruniſſoir ſur du ſavon avec un peu d'eau : il ne reſtera plus qu'à le plier ; ce que l'on fera en ſerrant à l'étau un petit arbre liſſe ou une broche ronde de deux lignes $\frac{1}{2}$ environ de diametre ; on appuiera la partie *f* contre cet arbre, avec une pince à goupille, tandis qu'on preſſera les bouts du reſſort, pour entourer la broche, juſqu'à ce qu'il ait la figure *e f d*, ou approchant, ce qui eſt aſſez indifférent à l'effet de ce reſſort : on fera une vis ſans portée de la groſſeur du trou, mais dont la tête recouvrira le reſſort ; on percera & on taraudera un trou à la platine, à l'endroit où la tête du reſſort ne puiſſe point nuire ni aux ponts ni à la roue de cadran : cette vis retiendra le

reſſort appliqué contre la platine; & en la ſerrant très-fort, on rendroit la tête fixe pour l'empêcher de tourner, & produire par-là la preſſion du reſſort contre le cliquet; mais pour empêcher encore mieux le reſſort de tourner, on percera à l'extrémité de la tête *e* un petit trou à travers le reſſort & la platine. On chaſſera à travers le trou du reſſort, une cheville d'acier bien à force; on laiſſera ſaillir par-deſſous le reſſort le bout de cette cheville, laquelle ſervira à entrer dans le trou fait à la platine, & à maintenir le reſſort en place; tous les reſſorts doivent, pour les mêmes raiſons, être ainſi rendus fixes avec des pieds ou *tenons*.

4°. *De l'exécution des Pignons & de la maniere d'aſſembler le Rouage.*

848. Il y a des Ouvriers, qui, pour abréger l'ébauche des pignons, ſe ſervent d'acier tiré à la filiere. Je ne conſeille point d'en faire uſage; car outre l'inégalité ordinaire de ces pignons, il eſt très-rare d'en trouver qui ſoient faits de bon acier pur, net & ſans paille. On fera donc forger le pignon qui doit engrener dans le barillet, de la groſſeur convenable, pour qu'étant ébauché & rond, il ait pour diametre cinq dents pleines de la roue (528). On fera de même le pignon de longue tige, afin qu'après avoir été limé & tourné, il ait pour groſſeur quatre dents, priſes ſur les pointes de la grande roue moyenne (531), dans laquelle il doit engrener; quant aux autres pignons, ils doivent tous être pris dans de l'acier quarré, de groſſeur convenable : ainſi pour faire ces pignons, il faudra d'abord ébaucher à la lime les tiges, grandes & petites, qui forment l'axe du pignon : on appelle ſimplement *Tige*, la longue partie de cet axe, & *Tigerons*, la tige la moins longue.

849. Pour faire les petits pignons, on coupera donc dans des tiges d'acier quarré, des bouts qui ſoient un peu plus longs que la hauteur totale de la cage, en y comprenant les platines.

850. Quand on aura coupé ces pignons, il faudra les placer dans de la braise bien allumée, & les laisser s'échauffer tout seuls, sans se servir de soufflet; ils deviendront rouges par la seule chaleur de la braise que je suppose être assez fort pour cela : on les laissera ainsi dans cette braise jusqu'à ce qu'elle soit consumée, & que par conséquent les pignons se soient refroidis : cette opération les aura amollis, au point qu'on les travaillera avec beaucoup de facilité : on appelle cela *Faire recuire.* Lorsque le fer est trop dur, on le fait aussi recuire.

851. On ébauchera de suite à la lime tous les pignons gros & petits; mais pour réserver les tigerons de chaque pignon de la longueur convenable, il faut faire attention à l'endroit où les roues peuvent être placées sur la hauteur de la cage.

852. Le pignon de la grande roue moyenne ne peut pas avoir un long tigeron, car cette roue devant être placée entre le barillet & la platine, & l'intervalle n'étant pas grand, ce tigeron ne peut pas l'être; au reste, on peut, pour faciliter l'exécution, le tenir assez long pour y loger un cuivrot: le tigeron d'un pignon de longue tige ne doit pas être bien long, puisqu'il ne doit avoir pour longueur que l'intervalle de la grande roue moyenne, c'est-à-dire, $\frac{2}{12}$ de ligne; mais on laissera également un tigeron pour pouvoir porter un cuivrot. Il est de même à propos de tenir les tiges & tigerons plus longs qu'il n'est besoin, afin de pouvoir hausser ou baisser le pignon dans la cage: le pignon *d* de la roue de champ ne doit pas non plus avoir un long tigeron, par la raison que la roue de longue tige *E* devant passer sous le barillet, doit approcher très-près de la platine des piliers, ainsi qu'on le voit dans la figure 1ere, qui représente le côté intérieur de la platine des piliers sur laquelle les roues sont placées. Pour déterminer la longueur du tigeron du pignon *e* de la roue d'échappement, il faut faire attention que la roue de champ doit passer par-dessus la roue des chevilles *G*: or celle-ci pour la facilité des bascules, doit être placée au tiers de la hauteur des platines,

c'eſt-à-dire, à cinq lignes de diſtance de la ſeconde platine; & comme elle porte des chevilles qui auront une ligne, & pour que la roue de champ ne puiſſe jamais y toucher, (& que d'ailleurs rien n'empêche de faire approcher cette roue de champ de la ſeconde platine), il faudra laiſſer un jour d'une demi-ligne entre cette roue & les chevilles; ainſi la roue de champ pourra être placée à trois lignes environ de diſtance de la platine. On conſervera donc en conſéquence un tigeron au pignon *e* du rochet qui devra être au moins de 4 lignes, à cauſe du pivot qu'il faut lever pour rouler dans la platine.

853. La premiere roue *L* de répétition doit être placée du côté de la platine des piliers, à la diſtance d'environ 4 lignes; ainſi on réſervera un tigeron au pignon *f* dans lequel elle doit engrener, qui ait au moins 5 lignes à cauſe du pivot. La roue *M* doit auſſi paſſer au-deſſus des chevilles de la roue *G* du côté de la ſeconde platine; ainſi on la placera à la même hauteur que la roue de champ. Le pignon *g* dans lequel la roue *M* engrene devra donc avoir un tigeron de la même longueur que celui du rochet, c'eſt-à-dire, environ 4 lignes. La roue *N* doit être placée du côté de la platine des piliers, & pour que le volant *V* ait plus de longueur, on éloignera ſeulement cette roue *N* de 2 lignes de la platine; le tigeron du pignon *h* aura donc 3 lignes.

854. Voilà les obſervations préliminaires qu'il étoit à propos de faire pour régler les places des roues ſelon la hauteur de la cage, & pouvoir en conſéquence ébaucher & faire les pignons.

855. On ſait que l'axe du pignon de la roue des minutes *D*, doit être prolongé en dehors de la platine des piliers pour porter la chauſſée, ainſi qu'on le voit (*fig.* 4): on réſervera donc en conſéquence une tige à ce pignon, c'eſt-à-dire, qu'on la fera plus longue ou plus courte, ſelon que le cadran que l'on doit employer ſera élevé au-deſſus du dehors de la platine des piliers, ce qui dépend ſur-tout de la courbure du cadran lorſqu'il eſt d'émail, & de la hauteur des roues de cadran (*fig.* 3). Au reſte, pour n'être pas gêné, on peut donner à

cette tige presque le double de la hauteur de la cage; on en sera quitte pour la raccourcir après que la chaussée & les aiguilles seront ajustées.

856. Il faut observer que le milieu de cette tige doit être conservé assez gros pour pouvoir y lever la premiere portée *a* (*fig.* 4) qui sert à contenir la roue en cage, & ensuite la seconde portée *b*, qui sert à arrêter la chaussée, & l'empêcher de descendre plus bas; mais cette tige & ses pivots doivent être plus petits qu'ils ne sont marqués dans la figure : les portées ne doivent se faire que lorsque le pignon est trempé; il faut seulement ébaucher la tige, de sorte que du milieu elle aille en diminuant, & contre le pignon pour en permettre l'enfoncement des dents, & contre le bout de la tige.

857. Pour ébaucher le pignon de renvoi *r* (*fig.* 3), il faut faire attention que la tige de ce pignon vu (*fig.* 6) doit traverser la cage, & avoir un pivot prolongé (en dehors de la seconde platine sur laquelle il roule d'un côté) pour porter le limaçon des quarts *h* (*fig.* 2); or ce pivot prolongé doit avoir environ 5 lignes de longueur; la cage a 17 lignes de hauteur, y compris l'épaisseur des platines, ce qui donne vingt-deux lignes; enfin les ailes de ce pignon doivent avoir environ quatre lignes de longueur, & son tigeron peut en avoir deux; ainsi ce pignon avec sa tige & le tigeron pourra avoir 28 lignes.

858. Tandis qu'on ébauchera les pignons, on pourra faire en même temps l'arbre de la premiere roue de sonnerie; cet arbre doit être d'acier quarré que l'on rendra rond, & de même grosseur dans toute sa longueur; sa grosseur doit être d'environ une ligne $\frac{3}{4}$, tout tourné, & la longueur doit être non-seulement de la hauteur de la cage, mais il doit porter de chaque côté extérieur des platines des pivots prolongés, dont l'un doit porter la poulie *P*, (*fig.* 2), & l'autre la tête de l'arbre auquel s'accroche le ressort contenu dans le barillet *B* (*fig.* 3); or chaque pivot prolongé doit être d'environ cinq lignes : on aura donc vingt-sept lignes pour la longueur de cet arbre.

859. Lorſqu'on aura ainſi ébauché les pignons, ſelon les dimenſions que nous venons d'indiquer, il faudra les tourner dans toute leur longueur en proportionnant la groſſeur des tiges à leurs longueurs & à la groſſeur des pignons ; il vaut mieux même tenir les dimenſions un peu fortes, parce qu'elles ſont plus faciles à diminuer, lorſque les pignons ſont trempés : quant à la longueur du corps du pignon ; pour celui de 12, il faut qu'il ſoit plus long que l'épaiſſeur de la roue de barillet d'environ une ligne $\frac{1}{2}$; les autres pignons peuvent avoir environ trois lignes chacun de longueur de corps ; les plus petits pignons doivent être plus courts de corps.

860. Pour tourner les pignons à la groſſeur convenable, on ſe ſervira des regles que nous avons données, Ch. XXIX, (art. 522 & ſuivants) ; ſavoir, pour le pignon de 12, 4 dents pleines ; pour le pignon de 8, 4 dents ſur les pointes ; & pour les pignons de 6 qui ſont menés, on prendra 3 dents pleines arrondies, un peu forcées ; & pour le pignon *r* de renvoi qui mene, il faudra le tenir plus gros d'environ la moitié de l'intervalle d'une dent, c'eſt-à-dire, qu'au lieu de lui donner ſeulement trois dents pleines, on lui donnera trois dents pleines, plus la moitié du vuide d'une dent.

861. Quand on aura tourné le pignon de 12 de groſſeur, avant que de réduire le corps à la longueur que nous avons dite, il faudra former au bout de la tête du pignon, du côté du tigeron, une retraite ou portée que l'on reculera un peu plus que l'épaiſſeur de la grande roue moyenne ; on enfoncera cette retraite de maniere que la portée ait environ $\frac{3}{12}$ de ligne de profondeur, afin de ſervir d'aſſiette à la grande roue moyenne, qui doit être fixée contre cette portée & rivée, comme nous le dirons en ſon lieu.

862. On réſervera de même ſur le pignon *r* de la roue de renvoi, une portée pour ſervir d'aſſiette à la roue *S* dont l'épaiſſeur réglera la quantité dont on doit reculer la portée.

863. Tous les autres pignons ſeront rivés ſur des aſſiettes qui doivent être ſoudées ſur les tiges, ainſi il n'y a que ces deux pignons qui aient beſoin de pareilles portées formées

ſur le pignon ; la raiſon en eſt que la grande roue moyenne doit paſſer par-deſſus le barillet ; & le pignon devant néceſſairement être placé du même côté pour engrener dans le barillet, il ne reſte pas aſſez d'intervalle pour ſouder une aſſiette ; d'ailleurs une aſſiette placée ſi près du pignon, empêcheroit de polir le pignon après qu'il auroit été trempé.

864. Quand tous les pignons ſeront tournés de groſſeur, il faudra les diviſer pour les fendre : voici comment il faudra s'y prendre, ſi on n'a pas un tour diſpoſé avec une petite plate-forme ſemblable à celle de la *Planche XIX*, *fig. 6*. Pour marquer les pignons, on fera entrer ſur le bout de leur tige une roue qui contienne des aliquotes de ces pignons, c'eſt-à-dire, dont le nombre de dents du pignon ſoit contenu un certain nombre de fois ſans reſte : par exemple, les pignons de cette Horloge ſont de 12, de 8, & tous les autres de 6 : ainſi en prenant une roue qui ait 36 dents ou 72, on pourra par le moyen de cette roue, diviſer tous les pignons de cette piece ; car je ſuppoſe qu'on prenne la roue de cadran qui a 72 dents, on voit que le nombre des ailes du pignon de 12 eſt contenu ſix fois dans celui des dents de la roue ; celui du pignon de 8, neuf fois ; & celui des pignons de 6, douze fois.

865. Voici donc comme on diviſera très-ſimplement ces pignons. Pour diviſer le pignon de 12, on fera entrer à force le bout de la tige dans le trou de la roue ; & ſi ce trou eſt trop grand, on percera un petit morceau de cuivre un peu plus épais que la roue & un peu plus grand que ſon trou ; on percera, dis-je, ce morceau de cuivre d'un trou qui ſoit de la groſſeur du bout de la tige du pignon ; on en fera une virole, qui étant tournée ſur un arbre liſſe de la groſſeur convenable pour entrer à force dans le trou de la roue, ſervira à la fixer avec la tige du pignon ; on placera cette roue ainſi montée, ſur un tour ordinaire en faiſant rouler les pointes du pignon dans les points faits aux bords des broches, afin que le corps du pignon déborde les broches. On attachera ſur la branche du tour au-deſſous de la roue, & avec une tenaille à

vis, une lame d'acier ou de cuivre battu, il n'importe, capable seulement de faire ressort, & qui portera par son extrémité un crochet propre à entrer dans le vuide des dents de la roue pour la fixer; (cette regle servira d'alidade) [431]. On fera approcher le support du tour fort près du pignon : ce support doit être limé droit & parallele à l'axe du pignon; on prendra *la quarre* d'une lime angulaire, comme d'une lime à arrondir, ou une pointe dure, & on tracera un trait selon la longueur du support en traînant tout le long; on levera le ressort qui arrête la roue, & on la fera avancer de six dents : on tracera une seconde division, & on fera avancer la roue de six dents, & ainsi de suite, jusqu'à ce qu'on ait fait faire le tour à la roue, & par conséquent divisé le pignon en douze parties : ces traits de division serviront donc à diriger la lime qui doit fendre le pignon; mais il est bon d'observer, que dès que la lime à fendre a entamé la division, il ne reste plus de guide que l'œil pour juger si l'on n'anticipe pas sur une dent prochaine : ainsi pour être assuré de ce que l'on fait, il est à propos de diviser un pignon de 12 en 24 parties au lieu de 12; par ce moyen, il y aura 12 divisions qui marqueront les endroits où l'on doit faire appuyer la lime pour fendre & former le vuide des dents; & il restera 12 autres divisions pour marquer la pointe des ailes; or ces 12 divisions n'étant pas emportées par la lime à fendre, serviront à guider la main & à fendre son pignon très-juste.

866. Le pignon de 12 ainsi divisé, on placera la roue sur le bout de la tige du pignon de 8; & si le trou de la virole que l'on a fait pour le pignon de 12 est trop gros pour celui de 8, on chassera cette virole de dessus la roue, & on en fera une autre dont le trou entre juste sur le bout de la tige & l'extérieur dans le trou de la roue de cadran : on placera de la même maniere que nous venons de l'expliquer, ce pignon sur le tour, & on le divisera en 16 parties pour en former un pignon de 8, pour les raisons que nous venons d'en donner; enfin on fera la même chose pour les pignons de 6 qu'on divisera en 12 parties par la même méthode.

867.

867. Lorſqu'un pignon eſt diviſé; pour former le vuide des dents, on ſe ſert de limes tranchantes & un peu angulaires qu'on nomme *Limes à fendre*. Il faut avoir pluſieurs limes de cette eſpece, mais de différentes groſſeur & épaiſſeur, afin de pouvoir choiſir celle qui eſt convenable à la groſſeur du pignon & à celle des dents, & de ne pas les rendre trop minces.

868. Pour fendre un pignon, il faut le tenir d'une main au moyen d'un étau à main (ou d'une forte tenaille à boucle), avec lequel on le ſerre en le pinçant par l'extrémité de la tige. On place dans le gros étau une planche de chêne de 4 ou 5 lignes d'épaiſſeur, dans laquelle on fait des entailles pour y loger la tige du pignon: on appuie le colet de la grande tige contre la planche; on prend d'abord une petite lime à fendre pour marquer profondément les diviſions qui doivent former le vuide des dents: on prend enſuite une lime à fendre plus épaiſſe avec laquelle on enfonce les ailes juſqu'à ce qu'on ſoit parvenu à la tige, ſi c'eſt un petit pignon; mais ſi c'eſt le gros pignon de 12, comme la tige doit être plus petite que le bas des dents, on fait avec un burin un trait ſur le tour pour régler cet enfoncement des dents qu'il ne faut pas faire trop longues, afin de les rendre plus ſolides: on peut à-peu-près ſe régler, pour la proportion des dents, au pignon ponctué *b* (*Pl. V*, *fig.* 1), pour le pignon de 12; & pour celui de 8, au pignon de la roue *D* (*fig.* 4), & les pignons de 6 ſur le pignon *c* (*fig.* 1); car on ne peut pas preſcrire une regle bien poſitive pour fixer l'enfoncement d'un pignon; cela dépend ſur-tout de l'intelligence de l'Ouvrier: lorſque le pignon doit être preſſé par une force aſſez conſidérable, comme par un grand reſſort, il faut, pour que les ailes ſoient ſolides, les tenir plus courts & moins dégagés.

869. A meſure que l'on fend un pignon, il faut avoir grand ſoin de conſerver les dents de même groſſeur, & ſe guider pour cela ſur les traits de diviſions qui ſont au milieu de la dent, & qu'il faut conſerver attentivement juſqu'à ce que le pignon ſoit fini.

870. Quand un pignon eſt fendu, il faut le placer ſur le tour, afin de dreſſer le devant des ailes, c'eſt ce qu'on appelle *dreſſer la face* ([a]); cette opération enleve les bavures de la lime à fendre, & donne le moyen de bien voir la forme du pignon.

871. On replace de nouveau le pignon ſur l'étau à main; & pour former le flanc des ailes, on ſe ſert de limes angulaires plus épaiſſes & plus douces que les limes à fendre: ces limes que l'on appelle *Limes à efflanquer*, ſont terminées par un petit plan qui forme le fond de la dent du pignon, en le rendant quarré. On paſſe ces limes bien également & droit dans chaque vuide, en ſorte qu'en conſervant les dents égales entr'elles, on dreſſe, le flanc des ailes, & que l'on forme le vuide convenable pour l'engrenage, c'eſt-à-dire, que le vuide doit être un peu plus grand que l'épaiſſeur de la dent; ce que les Horlogers appellent *avoir plus de vuide que de plein*; ce qui eſt oppoſé à ce que les dents des roues exigent (780), ainſi que nous le ferons voir dans la ſeconde Partie.

872. A meſure qu'on efflanque un pignon, on ſe ſert du calibre à pignon pour l'égaliſer. Pour cet effet, avant que de paſſer la lime à efflanquer, on ouvre le calibre, en ſorte qu'il embraſſe deux dents pleines: on le préſente alternativement ſur toutes les dents, & on voit par-là s'il y en a de plus écartées les unes que les autres; en efflanquant, on rejette celles qui ſont plus diſtantes, en appuyant avec la lime contre celles-là; par ce moyen on rend un pignon égal.

873. Il faut avoir pluſieurs de ces limes à efflanquer pour les différentes ſortes de pignons; car elles ſont plus ou moins angulaires, ſelon que les pignons ont plus ou moins de dents: plus les pignons ſont nombrés, & moins ces limes ſont angulaires; & au contraire. On choiſira donc pour chaque pignon la lime à efflanquer convenable, pour que l'aile ſoit ſolide du bas, ſans être trop vuide du haut; on aura auſſi attention à ne pas enfoncer inégalement les ailes d'un même pignon.

[a] Les dents des pignons s'appellent auſſi les *ailes*: leur devant ou le bout qu'elles préſentent, s'appellent *la face des ailes*, & leurs côtés s'appellent *les flancs*.

874. Quand on a suffifament efflanqué un pignon, il eft prefque fini ; il ne refte plus qu'à ôter les angles qui terminent le haut des ailes, c'eft ce qu'on appelle *arrondir*; on fe fert pour cela de limes qu'on appelle par cette raifon, *Limes à arrondir* : ces limes ne font taillées que d'un côté ; de l'autre, elles font unies & arrondies en allant fe terminer en angle avec le côté plat qui eft taillé. On fe fert d'abord d'une lime à arrondir, un peu rude pour ôter l'angle ; enfuite avec une plus douce on acheve d'arrondir l'aile.

875. Afin de s'affurer que l'on arrondit également toutes les dents, on fe fert du calibre à pignon, & de la maniere que je viens de le dire. On a foin que les dents foient bien égales de groffeur, arrondies également de chaque flanc, en forte que les dents foient bien dirigées au centre du pignon, & qu'elles ne foient pas à rochet, c'eft-à-dire, pendantes d'un côté ; c'eft fur-tout en paffant la lime à efflanquer qu'il faut y avoir attention ; car la lime à arrondir ne doit pas toucher aux fonds des ailes, mais feulement entrer environ aux deux tiers de la longueur de la dent, pris depuis le fond.

876. Il faut conferver jufqu'au dernier inftant, les traits de divifion qui font aux fommets des dents ; cela regle la lime à arrondir.

877. Les pignons étant ainfi arrondis ; pour vérifier s'ils ont la groffenr convenable pour l'engrenage, on fe fervira de la méthode indiquée (516); pour cet effet on arrondira quelques dents à chaque roue, & on préfentera la roue & le pignon fur l'outil d'engrenage ; & s'il y a des pignons un peu trop gros, il faudra les retourner, c'eft-à-dire, diminuer au burin fur le tour, & les arrondir de nouveau, jufqu'à ce qu'ils ayent la groffeur requife.

878. Lorfqu'on aura fini le pignon de 12, il faudra effacer le trait que l'on avoit fait au burin, pour en régler l'enfoncement ; & pour qu'il ait *plus de grace*, on fera au-deffous du fond des dents une petite *creufure* qui aille jufqu'à la tige en réfervant près du fond des dents un petit intervalle depuis le bord de la creufure ; on dreffera enfuite la face du pignon

en se servant du côté d'une lime carrelette dont on fait appuyer le plan sur la tige.

879. Quand les pignons seront finis, on prendra du fil rond de laiton d'environ 3 lignes de grosseur ; on en coupera des petits bouts qui, étant percés de trous selon les grosseurs des tiges, serviront pour les assiettes qui doivent fixer les roues sur les pignons.

880. Pour l'assiette de la roue de longue tige, on prendra du fil de laiton de quatre lignes de diamettre & de cinq de longueur ; on le percera d'un trou propre à entrer bien juste sur le milieu de la tige ; à l'endroit où doit être placée la roue de longue tige ; pour cet effet on présentera le pignon sur le bord de la cage, & on enfoncera l'assiette jusqu'à ce que le bout du pignon, du côté du tigeron, & le bout extérieur de l'assiette entrent juste dans l'intérieur de la cage ; mais avant de placer entiérement l'assiette, il faut *ébiseler* le trou des deux bouts de l'assiette, afin de faciliter l'entrée de la soudure. On prendra pour cet effet un foret plus gros que le trou, ce qui en ôtera l'angle ; on fera la même opération à toutes les assiettes avant de les placer sur leur tige pour les souder.

881. On placera l'assiette sur le pignon de la roue de champ ; en sorte que la roue puisse être distante de 3 lignes de la seconde platine (comme on l'a vu 852), tandis que le pignon doit être tout contre celle des piliers, pour engrener dans la roue de longue tige.

882. L'assiette du rochet doit être placée à environ 2 lignes de distance de la platine des piliers, tandis que le pignon *e* qui la porte doit engrener dans la roue de champ distante de trois lignes de la seconde platine.

883. L'arbre de la premiere roue de répétition doit porter des assiettes, sur l'une desquelles doit être rivée la roue *G* des chevilles, & sur l'autre le rochet *R* d'encliquetage. La roue *G* doit être placée à cinq lignes de distance de la seconde platine ; & il faut que les bouts de l'arbre qui la porte, soient saillants de chacun 5 lignes en dehors de la cage ; on placera donc l'assiette de la roue *G* en conséquence. Le rochet

d'encliquetage doit être diſtant de quatre lignes de la platine des piliers ; on poſera l'aſſiette en conſéquence ; on obſervera que ces aſſiettes ayant chacune environ 4 lignes de longueur pour être ſolides, les roues doivent entrer par le bout de la tige pour être rivées ſur les bouts extérieurs des aſſiettes ; & que par conſéquent ce qui forme proprement l'aſſiette, eſt en dedans de l'intervalle qui ſépare les deux roues *G* & *R*, ainſi ces deux aſſiettes ſe toucheront preſque en dedans ; on pourroit même en employer une ſeule qui auroit 8 lignes de longueur, afin de trouver aux bouts de quoi river les roues ſans changer l'intervalle qui doit les ſéparer.

884. On placera l'aſſiette de la roue *M* ſur le pignon *f*, enſorte que ce pignon étant diſtant de trois lignes de la platine des piliers, la roue *M* paſſe par-deſſus les chevilles de la roue *G*, c'eſt-à-dire, qu'elle ſoit diſtante de 4 lignes de la ſeconde platine.

885. Enfin on placera l'aſſiette ſur laquelle doit être rivée la roue *N* ſur le pignon *g*, de maniere que tandis que le pignon engrene dans la roue *M* diſtante de 4 lignes de la ſeconde platine, la roue *N* ſoit diſtante de 2 lignes de la platine des piliers. Le pignon de volant ne doit pas porter de roue, ainſi il n'a pas beſoin d'aſſiette.

886. Pour ſouder les aſſiettes ſur les pignons, on fera de la ſoudure d'argent. On prendra pour cela 3 gros d'argent ordinaire & un gros de laiton : on fera fondre le tout enſemble ſur un charbon avec un chalumeau : lorſque le tout ſera fondu & formera un petit lingot, on le forgera & on l'applatira ; à meſure qu'il ſe durcira, on le recuira & on le forgera juſqu'à ce qu'on en ait fait une plaque de l'épaiſſeur d'une carte : on le recuira de nouveau.

887. On coupera avec des ciſeaux des petites bandes de cette ſoudre ; on appliquera une de ces bandes contre l'aſſiette du pignon, & avec des pinces à goupilles on la plicra autour de la tige ; on en mettra autant à chaque aſſiette ; on mouillera chaque bout d'aſſiette, afin d'y mettre du borax réduit en poudre ; on préſentera cela tout doucement contre

le charbon que l'on aura allumé dans une poële; on laiſſera fondre le borax pour qu'il ne dérange pas la ſoudure; enſuite on poſera le pignon ſur le charbon, & on entourera l'aſſiette de petits charbons, réſervant ſeulement une ouverture pour voir quand la ſoudure ſera fondue; on ſoufflera légérement à cet endroit en dirigeant la chaleur contre l'aſſiette, afin que la tige ne s'échauffe pas trop, ce qui corromproit l'acier en en ſéparant les parties, en ſorte qu'il caſſeroit très-aiſément. Quand la ſoudure ſera bien fondue, on fera chauffer le pignon dans toute ſa longueur juſqu'à ce qu'il ſoit également chaud & de couleur de ceriſe; dans cet inſtant, on prendra avec de longues pincettes le pignon par ſon aſſiette, & on le plongera perpendiculairement dans un vaſe rempli d'eau froide; je dis perpendiculairement, parce que ſi l'on négligeoit cette précaution, & ſi on le plongeoit tout à plat, la tige ſe courberoit beaucoup plus.

888. On ſoudera & on trempera ainſi les uns après les autres les pignons & l'arbre de répétition. Quand ils ſeront tous trempés, on les blanchira avec de la pierre-ponce, en appuyant très-légérement, & les faiſant porter ſur du liege; car ſans cette précaution, on courroit le riſque de les caſſer. Après les avoir blanchis, on les fera revenir (834) en les plaçant ſur des charbons bien allumés; on les laiſſera chauffer juſqu'à ce que le pignon ſoit également d'un bleu vif dans toute ſa longueur. Il n'y a que les pignons qui doivent ſervir d'aſſiette pour river les roues, qui doivent être un peu plus revenus à l'endroit de la rivure, comme, par exemple, d'un bleu moins vif. On fera la même opération à tous les pignons & à l'arbre de répétition.

889. Pour empêcher que les pignons ne ſe rouillent, avant qu'on les poliſſe, il ſera à propos de les enduire d'huile.

890. On prendra le pignon de 12; on mettra un cuivrot à l'extrémité de ſa tige; on le placera ſur le tour, & on verra ſi la trempe ne l'a point courbé: pour cet effet, tandis qu'on le fait tourner doucement d'une main avec un archet, on tiendra de l'autre une broche de fil de laiton terminée en pointe par

le bout; on l'approchera légérement des ailes du pignon; ſi elles touchent toutes également la pointe, c'eſt une preuve que le pignon eſt rond, ſinon on remarquera les dents qui en approchent le plus, & avec une lime carrelette on jettera la pointe conique du tigeron de ce côté; & on vérifiera de nouveau ſi le pignon eſt rond; on répétera la même opération juſqu'à ce que le bout du pignon du côté du tigeron, ſoit parfaitement rond; lorſqu'il ſera mis exactement rond par ce bout, on examinera l'autre bout de la même maniere: s'il n'eſt pas rond, c'eſt une preuve que la tige s'eſt courbée par ce bout; on en rejettera la pointe, & ainſi ſucceſſivement juſqu'à ce que les ailes du pignon ſoient exactement rondes; la tige ne le ſera pas; mais on y remédiera en la tournant avec le burin.

891. Le pignon étant parfaitement arrondi, il faudra en terminer les pointes, que la lime peut avoir rendues ovales; ce que l'on exécutera de la maniere ſuivante. On tournera avec grand ſoin au bout du tigeron, une ligne de longueur ſeulement; quand ce bout ſera bien rond, on tournera la pointe conique juſqu'à ce qu'on la coupe entiérement, & qu'on la ſépare de la pointe qui roule dans la broche du tour; cette pointe ainſi coupée, on fera rouler le bout du tigeron tourné dans l'entaille d'une broche de laiton; & avec une lime à pivot on rendra aiguë la pointe que le burin a coupée; on fera tourner cette nouvelle pointe dans un petit point de la broche du tour; & en préſentant la pointe de laiton contre les ailes du pignon, on verra ſi pendant cette opération, il n'a pas perdu ſon rond; car en ce cas il faudroit le lui rendre en limant un peu de la pointe, & en la recoupant de nouveau, afin d'être aſſuré qu'elle n'eſt pas ovale: on fera la même opération à l'autre pointe de la tige, ce que l'on répétera juſqu'à ce que les pointes étant rondes & bien faites, le pignon tourne parfaitement rond.

892. Quand cela eſt fait, on tourne la tige & le tigeron dans toute ſa longueur, & bien uniement; enſuite on fait rouler une lime douce pour les adoucir: cela ainſi préparé, il faut polir le pignon.

893. Pour cet effet, on l'attachera à l'étau à main, de la

même maniere que l'on a employée pour le fendre, en le faisant appuyer dans l'entaille d'un bois attaché à l'étau (868). Pour polir ce pignon, on limera un morceau de bois de noyer de la même figure que la lime qui a servi à l'efflanquer, on prendra du gros *rouge d'Angleterre* ou de l'*émeri* fin, broyé avec de l'huile; on se servira de ce bois comme d'une lime, & jusqu'à ce qu'on n'apperçoive plus aucun trait de lime sur les flancs des ailes & le fond des dents, & qu'elles soient bien adoucies: il restera à adoucir le haut des ailes; pour cet effet, on limera un morceau de noyer un peu angulairement, afin qu'il ne porte que sur le haut des ailes; ce bois se creusera en frottant, en sorte qu'en mettant du gros rouge d'Angleterre, on adoucira l'extrémité des ailes.

894. Pour achever de polir le pignon, on prendra du bois de fusin; on en taillera deux morceaux pour tenir lieu de ceux de noyer, l'un pour le flanc & le fond des ailes, & l'autre pour le sommet; on emploiera du rouge fin d'Angleterre avec ce bois, & par ce moyen les ailes se poliront très-bien.

895. Les pignons étant travaillés jusqu'à ce point, on tournera bien droit & rond la portée sur laquelle on doit river la grande roue moyenne; on en aggrandira le trou de maniere qu'elle entre à force sur la portée du pignon: il faudra que le bout des ailes du pignon entaillé, soit un peu plus saillant que la roue, afin d'avoir de quoi le river; mais avant de river le pignon, on adoucira le centre de la roue avec une pierre douce, & on polira ce centre avec un bois de fusin & de la pierre pourrie, broyée avec de l'huile; après quoi on chassera la roue sur la portée du pignon: on prendra un cuivrot dont le trou soit de grosseur à entrer librement sur la tige de la roue; on placera le pignon sur l'étau ouvert seulement pour laisser passer librement la tige du pignon; on posera le devant du pignon sur le cuivrot qui servira d'appui, tandis qu'avec la panne d'un marteau, on rabattra le bout des ailes entaillées du pignon; en sorte qu'elles pénétreront dans la roue, & la fixeront très-solidement avec le pignon: c'est ce qu'on appelle *river;* quand une roue est ainsi rivée sur son pignon, on dit qu'elle

qu'elle eſt *enarbrée.* Pour mieux river cette roue, il ſera à propos de creuſer un peu en deſſous contre la tige de la rivure, afin qu'en frappant de nouveau avec la panne du marteau, elle ſoit rivée bien ſolidement, ce qui eſt très-eſſentiel, ſi on ne veut pas que le ſeul effort du reſſort ébranle le pignon & le faſſe tourner ſans entraîner la roue, ainſi que je l'ai vu pluſieurs fois à des ouvrages négligés.

896. Lorſqu'on rive la roue un peu fortement, en frappant inégalement autour avec le marteau, il arrive que la portée des aîles pénétre d'un côté dans la roue, & qu'elle ne tourne pas droit : pour y remédier, il faut frapper du côté oppoſé ſur la rivure, afin de ramener la roue droite ; & ſi le devers de la roue eſt très-petit, on la redreſſera en frappant ſur les croiſées, en ouvrant l'étau pour appuyer la roue à plat, & pour frapper ſur celle qui demande à revenir.

897. Lorſque la roue eſt bien dreſſée, c'eſt-à-dire, qu'elle tourne bien droit des côtés, on la tournera légérement pour achever de la faire tourner parfaitement ; on la tournera de même ronde, & on la limera bien plat, en emportant avec une lime douce d'Angleterre, les endroits que le burin a marqués ; on la remettra ſur le tour & on fera deux petits traits légers, l'un en dedans du champ pour régler la largeur du cercle qui termine les croiſées, le ſecond à l'origine des barrettes, afin de faire le centre des barrettes exactement rond, & que par conſéquent, en limant la roue ſelon ces traits, & en rendant les barrettes égales, la roue ſoit d'équilibre ; on fera de chaque côté de la roue deux traits fins au fond des dents les plus enfoncées de la roue ; ces traits ſerviront, quand on fera la denture, à rendre les dents d'égale longueur, en enfonçant celles qui ne le ſont pas aſſez.

898. La roue ainſi enarbrée, on mettra ſur le tigeron un cuivrot qui donnera la facilité de polir la tige & de dreſſer la face du pignon ; ce qu'il eſt à propos de faire avant de lever les pivots. On commencera par faire la face du pignon : pour cet effet, on prendra une plaque d'acier de demi-pouce en quarré ; on percera au milieu de cette plaque, un trou que l'on

aggrandira, enforte que la tige du pignon y entre librement & même avec du jeu : on dreffera bien plan un côté de cette plaque, & on s'en fervira pour dreffer la face du pignon que l'on fera rouler fur fes pointes dans le tour, & avec l'autre on appuyera la plaque pour qu'elle porte bien à plat fur la face du pignon ; mais pour que cette plaque dreffe la face du pignon, il faut introduire entr'elle & ce pignon de la *pierre à huile du Levant*, d'abord réduite en poudre, & enfuite broyée avec de l'huile, cette pierre rongera la face ; & comme la plaque eft plane, la face du pignon le deviendra auffi : on dref-fera de nouveau cette plaque à mefure qu'elle s'ufera : lorfque la face fera dreffée de maniere qu'elle porte de toute fa largeur fur la plaque rendue plane, on la polira, en prenant une plaque de cuivre qu'on percera d'un trou plus grand que la tige, afin qu'en promenant cette plaque à mefure qu'on fait rouler le pignon, elle emporte les traits de la pierre à l'huile. Pour polir la face du pignon, il faut introduire entre la face de la plaque de cuivre, ou du rouge fin d'Angleterre ou de la potée d'étain ; fi l'un ne réuffit pas, on fe fervira de l'autre. Ce qui peut exiger qu'on change d'ingrédient, c'eft que le rouge fera plus propre pour un pignon dont la trempe fera dure, & la potée d'étain pour celui qui eft mou ; au refte, ce font-là des minuties ; car que la face d'un pignon foit bien ou mal polie, cela ne fait en rien à la bonté de la machine ; mais il eft bon d'indiquer les foins de propreté que l'on met en ufage ; il y a beaucoup d'Ouvriers qui en font plus de cas que de l'intelligence qu'il faut employer pour conftruire une machine ou pour en bien rendre les effets.

899. Avant de polir la tige, on terminera la *creufure* faite au bas des dents du pignon ; on la tournera avec un burin pour la rendre bien unie, & pour diminuer le bord qui a dû s'élargir en faifant la face ; enfuite on polira cette creufure avec une pointe de bois & du rouge : cela fait, fi l'on apperçoit que l'on ait un peu dépoli le bord de la face en y touchant avec le bois, on la fera rouler de nouveau contre la plaque de cuivre avec de la potée d'étain.

900. Ensuite on polira la tige; mais pour ne pas s'exposer à gâter la face du pignon, on coupera un morceau de carte que l'on fera entrer sur la tige, & que l'on poussera contre la face; on passera une pierre à huile avec de l'huile sur la tige, en faisant rouler le pignon, & jusqu'à ce qu'on ait emporté les traits de la lime: quand cela est fait, on prend une lime unie non trempée ou bien une plaque de fer: (on appelle cela une *lime de fer*) sur laquelle on met de la pierre à huile broyée, & on roule le pignon jusqu'à ce que la tige soit bien unie; cela fait, on nettoye la tige avec un linge, en laissant toujours la carte contre la face du pignon: on prend une plaque de cuivre bien dressée; on met dessus de la potée d'étain, & on fait rouler la lime sur la tige jusqu'à ce qu'elle soit bien polie & brillante.

901. La grande roue moyenne ainsi enarbrée, on prendra le pignon de longue tige que l'on dressera par ses pointes, ainsi que nous l'avons expliqué pour celui de la grande roue moyenne (890). Quand les pointes seront terminées & rondes, on tournera la tige dans toute sa longueur, ainsi que l'assiette; après qu'on l'aura mise ronde & droite par ses bouts, on présentera le pignon sur le bord de la cage, afin de voir s'il ne faut pas la reculer, ce que l'on fera jusqu'à ce que la face du pignon étant éloignée de la seconde platine de la quantité que le doit être la grande roue moyenne, le devant de l'assiette (j'appelle *devant de l'assiette*, celui qui est du côté du bout de la tige, & *derriere de l'assiette*, le bout qui est du côté du pignon) approche fort près de la platine des piliers; cela étant fait, on levera sur le devant de cette assiette une portée de l'épaisseur de la roue & de grosseur non-seulement à entrer dans le trou de la roue, mais telle qu'il reste autour de la tige assez de cuivre pour former la rivure: on observera de ne pas diminuer alors assez cette portée pour l'entrer dans le trou de la roue *D*. On réservera derriere la portée une épaisseur d'une ligne, & on diminuera le restant du derriere de l'assiette jusqu'à ce qu'il reste seulement autour de la tige un canon de cuivre pour maintenir l'assiette solide, & pour ne pas emporter l'endroit de la soudure.

902. L'aſſiette & la tige étant tournées, il faudra polir le pignon de la même maniere qu'on a poli celui de 12 (893); on polira ſa face de même; enſuite on adoucira à la pierre à l'huile la partie de la tige qui eſt entre l'aſſiette & le pignon, & on la polira comme on l'a dit ci-deſſus (900).

903. Le pignon étant en cet état, on aſſemblera les platines, & on mettra quatre goupilles aux piliers : on prendra avec le maître-danſe la hauteur de la cage à l'endroit où la longue tige doit être poſée, c'eſt-à-dire, au milieu; alors on levera le pivot du côté de l'aſſiette : pour cet effet, on poſera une des pointes à la diſtance de la face du pignon, égale à celle que doit avoir le dehors de la grande roue moyenne contre la ſeconde platine; & pour le mieux, on fera d'abord le petit pivot; pour cet effet on mettra le barillet en cage; on préſentera la grande roue moyenne ſur le bord de la cage le plus près qu'il ſe pourra du barillet; on fera paſſer la grande roue moyenne entre la platine & le barillet, en partageant les jours convenablement; on préſentera de même ſur le bord de la cage le pignon de longue tige, de maniere qu'il ſoit dans le plan de la grande roue moyenne (tenue droite) : on marquera l'endroit du tigeron où le bord intérieur de la ſeconde platine affleure; ce ſera l'endroit de la portée du petit pivot du pignon de chauſſée. On placera donc ſur le bout de la tige un cuivrot, & on formera ce petit pivot qui pourra être réduit à $\frac{4}{12}$ de ligne de diametre, & on le coupera à la longueur des deux tiers de l'épaiſſeur de la ſeconde platine; on aura attention à le couper bien rond & uni; quand on l'aura coupé au burin, on le fera rouler ſur une broche de cuivre (*Planche XIX. fig.* 10), à laquelle on fera en *c* une petite entaille propre à loger le pivot; on roulera une lime à pivot, ayant attention à ne faire qu'emporter ſeulement les traits du burin, & à ne pas changer la figure du pivot qui doit être un peu en pointe, c'eſt-à-dire, de la figure d'un bon équarriſſoir. Quand le pivot & la portée ſeront bien adoucis, on fera paſſer un morceau de linge fin ſur le bout de la broche du tour, afin qu'en poliſſant le pivot, il ne s'arrête pas dans l'entaille de la broche des grains capables de

ronger le pivot. Pour le polir, on prendra un morceau de cuivre, rouge bien quarré, à peu-près de la grosseur d'une lime à pivot; on mettra un peu de rouge bien fin sur cette espece de lime, & on roulera le pivot avec cette lime jusqu'à ce que le pivot de la portée soit bien poli, ce qui se fera promptement.

904. Pour donner plus de brillant au pivot, on prendra un brunissoir à pivot; c'est une espece de lime de grosseur de celle à pivot, mais qui est unie, & que l'on frotte de temps à autre sur un bois sur lequel on met du gros émeri : cette lime est trempée comme une lime ordinaire; on prend même de vieilles limes à pivot que l'on passe sur la meule ou pierre à l'huile pour ôter les tailles, & ensuite on les passe sur un bois avec de gros émeri; on adoucit un peu l'angle de ce brunissoir, afin qu'en portant contre la portée qui est polie, il ne la déchire pas.

905. Lorsqu'on a ainsi fini le pivot, on place sur le corps du pignon, un cuivrot le plus petit de rainure qu'il se pourra; on le fait entrer assez avant pour qu'il affleure par le dehors avec la face du pignon, afin de ne pas empêcher de présenter le maître-danse sur la portée du pivot fini, tandis que l'autre pointe va marquer sur la tige du côté de l'assiette l'endroit où il faut former l'autre portée. On formera donc par cet endroit indiqué le pivot du côté de l'assiette; on creusera la tige avec le burin jusqu'à ce que la portée ait environ $\frac{2}{12}$ de ligne de large : on reculera cette portée jusqu'à ce que les pointes du maître-danse embrassent juste les deux portées, alors on tournera la tige jusqu'au bout, allant en diminuant de grosseur; on polira ce pivot, comme on a fait l'autre, puis on le mettra en cage.

906. Pour cet effet on verra si le trou du centre fait à la seconde platine n'est point trop grand pour le petit pivot du pignon de longue tige; s'il se trouve trop grand, on le bouchera pour en faire un autre : pour cela, on l'aggrandira encore, en sorte qu'il ait environ une ligne de diametre; on ébiselera les bords du trou vers chaque côté. On prendra du laiton que l'on a ôté des angles des platines; on le durcira bien, & on

le limera rond, de façon à entrer bien juſte dans ce trou de la ſeconde platine. On coupera le bout qui y entre, en le laiſſant ſaillir des deux côtés de la platine, enſuite à coups de tête de marteau, on rabattra cet excédent ſur l'embiſelure du trou, ce qui le rivera des deux côtés & juſqu'à ce qu'on ne voye point de fente autour. On donne le nom de *bouchon* à la cheville que l'on rive dans la platine. On doit toujours prendre du laiton bien net & durci pour faire les bouchons des pivots, & les durcir encore autant que cela ſe peut en les rivant. Le fil de laiton tiré à la filiere, dont ſe ſervent quelques Ouvriers, ne vaut pas le laiton pris en planche & bien battu : dans les montres, j'emploie du cuivre de chaudiere pour boucher les trous des pivots. C'eſt une choſe eſſentielle pour conſerver les trous des pivots, & les empêcher de ſe ronger par le frottement.

907. Le trou étant ainſi rebouché, on appliquera les deux platines l'une ſur l'autre par les tenons portés par la ſeconde platine, en les mettant à leurs repaires ; on prendra un foret qui ſoit en pointe & qui entre bien juſte dans le trou du centre de la platine des piliers ; on ſe ſervira de ce foret pour marquer ſur la ſeconde platine l'endroit où il faut percer le trou du petit pivot de longue tige. On ſéparera les platines ; on fera un foret un peu plus petit que le pivot, & on percera par le point marqué le trou de ce pivot, ayant attention à tenir le foret perpendiculaire au plan de la platine ; enſuite on aggrandira avec un équarriſſoir bien adouci le trou de ce pivot, juſqu'à ce qu'il y entre ; ce trou doit être aggrandi par le dedans de la platine afin qu'il ait la forme du pivot ; on aggrandira même le trou du centre de l'autre platine, juſqu'à ce que le gros pivot y entre juſte & librement ; on préſentera l'autre platine pour voir ſi le pignon tourne librement ; ſi les trous ſont trop juſtes, on les aggrandira ; enſuite on verra, en mettant les goupilles aux platines, ſi les portées ne ſont pas trop hautes, défaut que l'on appelle *être trop haut en cage.* Si le pignon eſt trop haut en cage, & qu'il n'ait pas un peu de jeu en hauteur, on reculera en conſéquence la portée du gros

pivot; on le repréſentera de nouveau en cage, juſqu'à ce qu'il ait le jeu requis; alors on repolit le pivot & la portée, mais on ſe ſouviendra dans ce cas, lorſqu'on mettra une autre roue en cage, que l'outil ou maître-danſe donne trop de juſteſſe, & qu'en conſéquence pour que la roue ait le jeu convenable, qu'il faut un peu plus reculer les portées que l'outil ne le marque. On pourroit à la vérité régler cet outil de maniere qu'il donnât ſon jeu aux roues, il ne faudroit pour cela que rapprocher les pointes en les pliant, de ſorte qu'elles embraſſaſſent les portées en leur état actuel; mais il faut le laiſſer juſte, afin d'avoir une meſure préciſe pour les arbres de barillet, leſquels ne doivent pas avoir de jeu.

908. Quand on aura mis la roue de longue tige en cage, & qu'elle tournera librement, on formera au dehors des trous de pivots, des creuſures en forme d'*entonnoir*, qui ſerviront à contenir l'huile qu'on doit mettre aux pivots, & qui réduiront en même temps la partie frottante de la platine à une quantité relative à la preſſion des pivots. Pour faire cette creuſure, on fera ce qu'on appelle *un foret à chanfrein.* Ce foret ſera formé d'un morceau d'acier qui aura environ 5 lignes en quarré, afin de ſervir à tous les trous dont on a ordinairement beſoin : on limera le bout de ce morceau d'acier en pointe conique d'environ 45 degrés; cette pointe ſera formée par 6 petits plans ou faces qui ſe réuniront à la pointe & y feront 6 angles; c'eſt ce qui formera le foret qui coupera par ces 6 angles. On terminera l'autre bout de cet outil en pointe conique ronde & on placera à ce bout un cuivrot : on trempera le bout du foret, & on le fera revenir jaune; on paſſera une pierre à huile ſur chaque petite face pour rendre les angles bien unis. On creuſera par le dehors de la ſeconde platine le trou du pivot en ſe réglant pour l'enfoncement juſqu'à ce que la creuſure affleure au bout du pivot ni plus ni moins : on fera de même la creuſure pour l'autre pivot au dehors de la platine en la rendant profonde d'environ un tiers de l'épaiſſeur de la platine; on appelle ces creuſures *des réſervoirs*, parce qu'elles conſervent l'huile aux pivots; choſe eſſentielle pour rendre le frottement

conſtant. En formant ces réſervoirs, il entre de la bavure dans le trou. On repaſſera l'équarriſſoir à chaque trou pour l'ôter.

909. On placera le pignon en cage, & on marquera ſur la tige prolongée qui doit porter la chauſſée, un petit trait qui marquera l'endroit où on doit former la portée pour recevoir cette chauſſée, on fera ce trait d'une demi-ligne en dehors de la platine; on ôtera le pignon & on le mettra ſur le tour afin de lever le pivot *b c* (*fig.* 4), que j'appelle le *pivot de la chauſſée*. On commencera d'abord par enfoncer le pivot devers *b* juſqu'à ce qu'il y ait une portée aſſez large pour arrêter la chauſſée; enſuite on tournera la tige de-là juſqu'en *c*, en diminuant un peu de groſſeur. Après quoi on fera la chauſſée.

910. Pour faire le canon *a b* de chauſſée (*fig.* 5), on prendra du fil de laiton qui ait environ 3 lignes de diametre; on en coupera un bout de la longueur *b c* du pivot; on durcira bien ce fil en le forgeant tout autour, ſelon ſa longueur; quand il ſera bien forgé, on marquera à chaque bout le milieu par un coup de pointeau : on fera un foret dont la groſſeur ſera un peu moindre que le petit bout du pivot de chauſſée. On placera à un bout du fil de laiton un cuivrot; on fera rouler ce bout contre la pointe conique de la broche du tour; on approchera le ſupport du tour tourné en travers juſqu'à l'autre bout du canon; on appuyera le foret ſur ce ſupport, & on le tiendra fixe, tandis qu'avec l'archet on fera rouler le canon : de cette maniere on percera le trou de ce canon parfaitement droit, & juſqu'à ce que le foret ait percé le trou d'un bout à l'autre du canon, & qu'il vienne rencontrer la pointe du tour : ainſi on voit qu'il faut dégager la tige de ce foret de maniere à pouvoir entrer tout-à-fait dans le canon; mais on ne dégage ainſi cette tige qu'à meſure que le foret perce, afin de la conſerver plus ſolide & moins ſujette à ſe courber.

911. Lorſqu'on a percé le canon de chauſſée, on prend un équarriſſoir bien fait, & on aggrandit le trou du canon juſqu'à ce qu'il ſoit prêt à entrer ſur le pivot de chauſſée, ayant attention à voir ſi le pivot porte également ſur toute la longueur; car

car si ce pivot a été tourné plus en pointe que ne l'est l'écarrissoir, il ne faudra pas aggrandir le trou de la chaussée pour la faire entrer trop avant sur le pivot, puisque dans ce cas le bout de ce pivot n'entreroit pas assez juste sur le petit bout du trou. Pour s'en assurer, on présentera le bout de la tige sur le plus petit bout du trou; s'il n'y entre pas, on peut encore aggrandir la chaussée en supposant qu'elle n'est pas trop petite du côté de la portée : en un mot, il faut avoir soin que le pivot porte sur toute la longueur du trou. Lorsqu'on a rendu ce trou bien uni & que l'équarrissoir porte sur toute la longueur du trou, on acheve d'ajuster le pivot avec la chaussée, en le diminuant sur le tour aux endroits qui portent; ce que l'on voit en mettant un peu d'huile sur le pivot que l'on fait un peu rouler dans le trou du canon; les endroits trop gros sont marqués de noir par le canon. Avant de le faire entrer tout-à-fait au fond de la portée, il faut passer une lime douce & ensuite une pierre à huile sur ce pivot, jusqu'à ce qu'il y entre avec un frottement doux.

912. Pour tourner le canon de chaussée, on fera un arbre lisse de la longueur & grosseur du trou du canon, & de la même figure, en sorte qu'il porte sur toute la longueur du trou de canon; ainsi entré à frottement sur l'arbre bien lisse (tourné bien rond), on verra si l'arbre n'est point courbé par le canon, ce qui prouveroit que le trou n'est pas parfaitement droit; si cela est, pour redresser ce trou, on fera poser les deux bouts du canon sur la mâchoire de l'étau ouvert en conséquence, & on frappera sur le milieu du canon pour le redresser. Pour remarquer l'endroit où il faut frapper, on met le canon monté sur son arbre sur le tour, & on présente la pointe du burin sur le bout de l'arbre qui est entre le cuivrot & le gros bout du canon; l'endroit qui se présente au burin tenu fixe désigne le côté où il faut frapper : on laissera l'arbre dans son trou pendant cette opération, afin de ne pas changer la figure du trou. Quand le canon sera dressé, on tournera le canon d'abord rond sur toute la longueur; on levera la portée de la roue avec la quantité requise pour la rivure; ensuite on

dégagera la chauffée en laiffant en *b* de l'épaiffeur pour l'affiette, & affez de force fur toute la longueur *a b*, pour qu'on puiffe former fur le bout un quarré, comme on le voit en *a*, pour ajufter l'aiguille des minutes.

913. On prendra la roue de chauffée, on aggrandira fon trou; & après l'avoir mis en chanfrein, on fera entrer cette roue fur l'affiette de la chauffée; on rivera le bout pour la fixer à la roue; cette roue enarbrée bien folidement, on paffera dans fon trou l'équarriffoir dont on s'eft fervi pour l'aggrandir; on limera à plat l'excédent de la rivure; en forte que ces deux pieces n'en paroîtront faire qu'une; on préfentera de nouveau la chauffée fur la tige pour voir fi en rivant le canon, l'ajuftement n'a point changé; fi elle y entre un peu trop jufte, on la rendra libre, mais fans jeu; ce que l'on fera, foit en paffant l'équarriffoir dans le trou, foit en faifant rouler le pivot de la chauffée avec la pierre à huile, aux endroits qui portent. Quand la chauffée tournera affez librement pour la faire tourner fur fon pivot avec un archet, tandis que le pivot eft rendu fixe, on placera le pignon de longue tige & la chauffée fur le tour; on arrêtera avec des tenailles à boucle le pignon par fon affiette, pour l'empêcher de tourner : on fera paffer la corde d'un archet fur le canon de la chauffée, comme fur un cuivrot; en cette état on tournera la roue de chauffée droite & ronde, & on fera un trait fin au-deffous du fond des dents, pour en rendre l'enfoncement égal.

914. Lorfqu'on aura terminé l'ajuftement de la chauffée fur la tige, on pourra enarbrer la roue des minutes. Pour cet effet on retournera légérement la portée de l'affiette, afin de s'affurer qu'elle n'a pas changé en tournant les pivots de la chauffée; alors on aggrandira fon trou & on fera entrer cette roue bien jufte fur fon affiette; en cet état on la mettra dans la cage, & enfuite le barillet, pour voir fi elle partage également l'intervalle de la platine des piliers au barillet, c'eft-à-dire, fi les jours font égaux; fi elle eft trop près de la platine, il faut reculer un peu l'affiette : elle ne peut pas être trop près du barillet, à moins que l'on n'ait négligé les précautions que

j'ai indiquées pour lever ſa portée (901) : ſi cela eſt, on en ſera quitte pour recommencer ; car je n'approuve pas les aſſiettes ſoudées à l'étain. Il eſt vrai qu'en ſupprimant l'aſſiette qu'on auroit ainſi gâtée, on pourroit en chaſſer une à force ; mais c'eſt une opération trop délicate qu'il eſt inutile d'indiquer à ceux qui ſont capables de la mettre en uſage.

915. L'aſſiette ainſi préparée, on rivera deſſus la roue de longue tige, de la maniere que je l'ai expliqué, à cela près que la tige empêchera de rabattre la rivure de l'aſſiette avec le marteau; ainſi pour y ſuppléer, on prendra un morceau d'acier d'une ligne en quarré, & long d'un pouce & demi environ; on limera un bout en biſeau, & ſe terminant par un petit plan qui ſervira à river la roue (lorſqu'on l'aura trempé & revenu jaune); on appelle cet outil, un *pointeau à river.* On placera le derriere de l'aſſiette du pignon qui eſt encore toute quarrée ſur les mâchoires de l'étau ouvert ſeulement pour que le canon de l'aſſiette y entre; on poſera le pointeau à river ſur l'endroit de la rivure, & avec le marteau on frappera ſur l'outil à meſure qu'on fera tourner la roue pour rabattre également la rivure tout autour.

916. Lorſque la roue de longue tige ſera rivée, il faudra la dreſſer, ſi elle ne l'eſt pas, juſqu'à ce qu'elle tourne bien droit; ce que l'on fera par les barrettes (896). On tournera proprement la partie de la rivure qui eſt ſaillante, mais qu'on rendra unie ſeulement ſans l'affleurer à la roue qui n'en ſera que plus ſolidement fixée : on fera un trait fin pour régler le fond des barrettes. Mais en achevant de tourner la roue, pour éviter que ſa tige qui eſt longue & mince ne fléchiſſe pas, & pour plus de perfection, voici le moyen dont on ſe ſervira : on placera ſur le tour deux broches à lunettes pareilles à celle (*Pl. XIX. fig.* 10) : on fera entrer bien juſte le premier pivot *a* de la longue tige ſur un trou de cette lunette, & on placera le petit pivot dans un point de l'autre lunette qui ſoit également diſtant du centre de cette lunette, que celui dans lequel entre le pivot l'eſt du ſien. On mettra de l'huile au pivot qui entre dans la lunette, pour que le frottement qu'il éprouvera ne le

ronge pas : en cet état, on pourra tourner parfaitement rond la roue (a), & sans que sa tige fléchisse ; on la tournera du haut & des côtés ; on fera des traits au bas des dents ; & pour régler la largeur du champ de la roue, on achevera de tourner le derriere de l'assiette qui est quarrée & qu'on pourra tourner un peu en arrondissant depuis la roue jusqu'au canon, ce que les Horlogers appellent *mettre en goutte de suif ;* mais il faut laisser près du canon la même épaisseur d'assiette, c'est-à-dire, environ une ligne, afin que si par quelque accident on étoit forcé à changer de roue, on pût un peut reculer la portée de l'assiette (pour *gagner de la rivure*) & que celle-ci restât cependant assez solide pour supporter l'effort qui se fait en rivant : on polira tout de suite cette assiette.

917. Avant de travailler à enarbrer les autres roues & pignons, il faudra enarbrer & mettre en cage la premiere roue de répétition, à cause que cette roue regle la hauteur des autres. On tournera donc l'arbre de cette roue ; & s'il est fort éloigné d'être rond, on le dressera en jettant les pointes de côté ; mais s'il y a peu de chose, & que pour le mettre rond, il ne faille pas trop diminuer l'arbre, on le tournera, ayant attention premiérement de couper de nouvelles pointes (819). Quand l'arbre sera tourné bien rond, on levera les portées de chaque assiette pour y river les roues *G* & *R*, que l'on fera entrer sur ces assiettes, & on les présentera sur le bord de la cage, afin de voir si elles sont placées convenablement, c'est-à-dire, la roue *G* distante de cinq lignes de la platine, & le rochet *R* de 4 : quand cela sera fait, on tournera le derriere des assiettes, & on rivera d'abord le rochet *R ;* on aura attention, en le plaçant sur son assiette, de le tourner du côté convenable pour l'encliquetage, & ainsi qu'il est représenté (*fig.* 1.) par la raison que le cordon *X* (*fig.* 2) doit être tiré en bas, ce qui fait rétrograder le rochet de *R* en *O*, (*fig.* 1.), pour bander le

(a) Il y a des Ouvriers qui attendent à former les pivots de longue tige, & à les mettre en cage, qu'ils l'ayent enarbrée ; mais c'est une mauvaise méthode, car la pesanteur de cette roue empêche que l'on puisse tourner ces pivots aussi petits & aussi ronds que par la méthode que j'indique, qui est d'ailleurs plus expéditive.

reſſort & faire avancer le rateau (*figure* 2), pour venir preſſer le limaçon & régler le nombre des coups de marteau. On rivera enſuite la roue des chevilles : on dreſſera les roues *G* & *R*, & on les tournera droites & rondes. On achevera les aſſiettes qui ſont entre ces deux roues : on les polira ainſi que la partie de la tige qui les ſépare ; on polira de même le tigeron du côté de la roue des chevilles : cela fait, on placera le cuivrot ſur ce tigeron, & on tournera bien plan le devant du rochet & la rivure même jusqu'à la tige : on tournera ce tigeron bien rond, & allant un peu en diminuant depuis le rochet juſqu'à la pointe, on adoucira & polira ce tigeron : alors on fera entrer très-juſte le trou de la roue *L* de répétition ſur ce pivot, en ſorte que cette roue porte contre le rochet.

918. Mais ſi le trou de cette roue étoit trop grand, il faudroit l'aggrandir encore, afin de le reboucher. Pour cet effet on le fera plus grand que la tige d'environ une ligne, c'eſt-à-dire, que ſi l'arbre a une ligne $\frac{1}{2}$ de groſſeur, on aggrandira le trou de deux lignes $\frac{1}{2}$; on ébiſelera les bords du trou de chaque côté de la roue, & on prendra du cuivre bien écroui, qui ait le double d'épaiſſeur de la roue, & plus grand que ſon trou ; on le percera d'un trou plus petit que le tigeron ou pivot du rochet ; on y paſſera l'équarriſſoir pour l'unir ; on le mettra ſur un arbre liſſe, & on le tournera juſqu'à ce qu'il entre bien juſte & à force dans le trou de la roue : on tournera les côtés de cette virole, & on creuſera un peu en aminciſſant contre le trou, & réſervant toute l'épaiſſeur à la circonférence, afin qu'en rivant cette virole ou *bouchon*, le trou ne ſouffre pas des coups du marteau. On en fera autant des deux côtés de la rivure ; on chaſſera la virole de deſſus l'arbre liſſe, & on la fera entrer dans le trou de la roue ; on rivera ce bouchon en l'appuyant d'un côté ſur le tas, & frappant de l'autre avec la tête du marteau, pour que le centre de la virole ſe conſerve bien concentrique à celui de la roue : cette virole étant bien rivée, on la limera à raſe de chaque côté de la roue, & on aggrandira le trou pour le faire entrer fort juſte ſur le tigeron du rochet.

919. Pour retenir cette roue contre le rochet, & ſeulement de manière que l'un puiſſe tourner ſans l'autre, pour l'effet de l'encliquetage, on placera derriere la roue une clavette ſemblable à *c* (*Pl. III, fig.* 2.) qui ſera retenue par une rainure faite à la tige. Pour faire cet ajuſtement, il faut marquer avec une lime un petit trait ſur la tige, & qui affleure le derriere de la roue lorſqu'elle eſt appliquée contre le rochet : ôtant enſuite la roue, on fera ſur le tour une petite rainure en dehors de ce trait, laquelle aura environ $\frac{1}{12}$ de ligne de largeur & autant de profondeur. La rainure faite, on prendra un morceau de laiton qui ait un peu moins que la grandeur du rochet, & $\frac{4}{12}$ de ligne d'épaiſſeur ; on l'écrouira, de manière à le rendre de moitié plus mince : on percera au milieu un trou qui ſoit un peu plus petit que le fond de la rainure; on tracera un trait de compas de la grandeur du rochet, & on limera cette clavette juſqu'à ce trait ; enſuite on la chaſſera un peu à force ſur un arbre liſſe, & on en tournera le bord & puis les côtés juſqu'à ce qu'elle ſoit réduite à une épaiſſeur égale à la largeur de la rainure ; on la creuſera d'un côté afin qu'elle n'appuie ſur la roue que par ſa circonférence; on l'ôtera de deſſus l'arbre, & on percera près du bord un trou aſſez grand pour y faire paſſer le tigeron juſqu'à la rainure. On fera, de ce trou juſqu'à celui du centre, une fente ayant pour largeur la profondeur de la rainure : on fera donc entrer cette clavette ſur l'arbre par ſon trou extérieur, & en la pouſſant par ſa fente ſur la rainure faite à la tige, & juſqu'à ce que la partie du trou qui termine la fente, touche au fond de la rainure ; cette clavette ſera concentrique à l'arbre, & celui-ci pourra tourner indépendamment de la clavette qui retiendra la roue appliquée contre le rochet, au moyen de la rainure faite à l'arbre.

920. Après qu'on a mis la roue contre le rochet ; on place la clavette que l'on fait d'abord appuyer un peu fortement contre la roue, afin de produire un frottement aſſez grand, pour qu'en faiſant tourner l'arbre, on puiſſe tourner la roue parfaitement ronde.

921. Pour empêcher que la clavette ne ſorte de la rainure,

on met une petite vis qui entre ſur la roue, & dont la tête affleure avec la clavette, & paſſe contre le bord extérieur du grand trou; en ſorte que la tête de cette vis empêche la clavette de ſe déranger. Le bout de la vis doit être limé à raſe de la roue pour ne pas toucher au rochet; cela étant fait, on tournera la roue droite & ronde, & on terminera le fond des dents par un petit trait de burin diſtant du fond d'environ $\frac{1}{12}$ de ligne pour régler l'enfoncement des dents qui ne doit pas aller juſqu'au trait, mais à la même diſtance tout autour. J'ai déja parlé de cette opération que je ne répéterai plus, parce qu'on doit la faire à toutes les roues dentées, à commencer par le barillet, &c.

922. On démontera la roue de deſſus ſon arbre, afin de faire les pivots & de mettre cet arbre en cage : on fera d'abord le pivot du côté de la roue des chevilles qui eſt celui qui doit paſſer à la cadrature pour porter la poulie *P* (*fig.* 2). On formera la portée de ce pivot à la diſtance de cinq lignes de la roue des chevilles; on donnera environ une ligne de diametre au pivot qui ira un peu en décroiſſant de la portée à la pointe : quand il ſera tourné bien rond & uni, & la portée reculée à la quantité convenable, on le roulera & adoucira avec la lime à pivot, & on le polira avec une lime de cuivre rouge & du rouge. Le pivot fait, on mettra le cuivrot ſur le bout, & on tournera l'autre pivot après avoir pris d'abord la meſure avec le maître-danſe qui réglera la place de la portée: ce pivot qui doit être prolongé en dehors de la platine des piliers pour porter l'arbre ou crochet du reſſort, pourra être réduit à la même groſſeur que l'autre pivot, & en allant comme lui un peu en diminuant de la portée à la pointe : on adoucira ce pivot & on le polira, après quoi on mettra la roue en cage : pour cet effet, par le point marqué pour cette roue ſur le derriere de la platine des piliers, on percera un trou avec un foret un peu plus petit que les pivots; on appliquera contre cette platine la ſeconde pour tenir avec la première par ſes tenons & par le trou percé à la première, & avec le même foret, on percera le trou correſpondant de la ſeconde; on

féparera les platines ; on aggrandira les trous des pivots pour qu'ils y entrent, fçavoir, le pivot du côté de la roue des chevilles, dans le trou de la feconde platine, & celui du côté du rochet, dans le trou de la platine des piliers : on mettra cette roue bien libre dans fes trous, enfuite on fera avec le foret à chanfrein les réfervoirs pour l'huile fur le dehors des trous des platines : ces réfervoirs pourront avoir pour profondeur le tiers de l'épaiffeur des platines.

923. Lorfqu'on aura ainfi mis cette roue en cage, on pourra achever d'enarbrer toutes les autres roues du rouage ; ce que l'on fera en commençant par la roue de champ : on dreffera ou on fera tourner rond le pignon en jettant fur un côté les pointes felon qu'il en fera befoin. Quand le pignon tournera parfaitement rond, on coupera de nouvelles pointes, felon la méthode indiquée (819). Ces pointes faites, on tournera la tige bien ronde dans toute fa longueur, & on l'adoucira en la roulant avec une lime : on tournera l'affiette, & on levera la portée de la roue de champ, fur le devant de l'affiette ; & pour voir fi elle eft reculée à la quantité convenable, on mettra la première roue de répétition en cage, ainfi que la roue de longue tige ; on préfentera le pignon de roue de champ fur le bord de la cage, & on approchera le devant du pignon de l'intérieur de la platine des piliers, jufqu'à ce qu'on voie qu'il foit bien à fleur de la roue de longue tige avec laquelle il doit engrener [a], c'eft-à-dire qu'il faut que le devant du pignon foit également diftant de cette platine des piliers que l'eft la roue de longue tige, cela détermine la pofition du pignon de champ, felon fa hauteur ; ainfi il faut que dans cette pofition la roue de champ paffe par-deffus la roue des chevilles ; on la reculera donc en conféquence ; enfuite on dégagera le derriere de l'affiette, en réfervant feulement une ligne d'épaiffeur d'affiette, & terminant le refte par un canon afin d'alégir la tige.

[a] Lorfqu'un pignon eft ainfi à fleur ou à la même hauteur que la roue dans laquelle il doit engrener, & que le devant des aîles paffe un peu le devant de la roue, les Horlogers difent *que la roue engrene en plein dans fon pignon.*

924.

924. Il faut obſerver, par rapport à la groſſeur que l'on doit donner aux portées des roues pour les rivures, que pour ne laiſſer que le moins poſſible de peſanteur aux aſſiettes, on doit diminuer ces portées jufqu'à ce qu'il reſte autour de la tige une épaiſſeur (en laiton) qui ait environ $\frac{2}{12}$ de ligne, quantité qui eſt à-peu-près requiſe pour avoir aſſez de matiere à rabattre ſur la roue pour la river. Au reſte la grandeur des trous que l'on a faits aux roues détermine en partie la groſſeur de cette portée; & à moins qu'ils ne fuſſent trop petits, & qu'ils ne laiſſaſſent pas aſſez d'étoffe à la portée pour river la roue, ſi l'on réduiſoit ces portées à la groſſeur du trou; on réduira la portée au plus petit calibre, & on aggrandira le trou de la roue, ſelon le calibre de la portée; mais ſi le trou eſt un peu plus grand qu'il ne ſeroit beſoin, il faudra néceſſairement ſe régler ſur cette grandeur pour le calibre de la portée, afin d'éviter de reboucher le trou de la roue, ce qu'il ne faut pas faire aux roues, qui étant minces ſe rivent ſur des aſſiettes; car elles ne ſeroient pas aſſez ſolides.

925. Par rapport à la grandeur des trous des roues, nous l'avons à-peu-près limitée (766) pour des roues de moyenne grandeur, comme le ſont celles de ce rouage; ainſi on ſe réglera ſur les trous de ces roues pour le calibre des portées pour les rivures, c'eſt-à-dire, que l'on diminuera ces portées, jufqu'à ce qu'elles puiſſent entrer à-peu-près dans les trous des roues; & pour les y faire entrer tout-à-fait, & un peu à force, on ſe ſervira de l'équarriſſoir pour aggrandir tant ſoit peu le trou, & le nettoyer des rebarbes qu'il pourroit y avoir.

926. Enfin pour ne laiſſer pas trop d'étoffe à l'aſſiette qui ſoutient la roue avant de l'énarbrer, on diminuera ces aſſiettes jufqu'à ce qu'elles reſtent environ de demi-ligne plus grandes que la portée; cette quantité étant ſuffiſante pour former l'appui de la roue, lorſque c'eſt de petites roues; car ſi ce ſont de grandes roues qui reçoivent de l'effort, il faudra proportionner l'appui de l'aſſiette, & la groſſeur de la portée à cet effort.

927. L'aſſiette de la roue de champ diſpoſée avec les

précautions que nous venons d'indiquer, on rivera la roue sur son assiette, au moyen de l'outil à river que l'on doit avoir fait; on la mettra droite, & on la tournera sur le bord & les côtés; on limera le plan de la roue pour ôter les traits du burin & la rendre bien plane, & également épaisse; & se réglant sur les traces du burin que l'on effacera également, & avec précaution tout autour de la roue & de chaque côté de la roue; on remettra la roue sur le tour pour faire les traits du bas des dents & ceux qui doivent borner les croisées. On achevera de tourner le derriere de l'assiette que l'on figurera un peu en goutte de suif (916); mais on aura soin de ne pas trop affoiblir l'appui de la roue & le canon de l'assiette. Dans les dernieres roues du rouage, on doit tenir le milieu de la roue plus petit, les barrettes & le champ de la roue plus étroits, afin de n'avoir pas trop de pesanteur. Lorsqu'on fait les croisées des roues, on les laisse plus larges; & ce n'est que lorsqu'elles sont énarbrées que l'on fixe cette largeur, qui doit être plus grande dans les premieres roues, & aller en diminuant à proportion qu'elles sont plus petites.

928. La roue de champ étant énarbrée, on fera la même opération à la roue d'échappement. On *dressera* (a) le pignon; on formera les pointes; on tournera la tige & l'assiette. Pour reculer la portée de la rivure de la roue, on se réglera sur la distance dont la roue de champ est éloignée de la cage: on observera, que comme elle est éloignée d'environ 3 lignes, il n'est pas nécessaire que le devant du pignon affleure au devant de la roue, comme il le faut au pignon de champ avec la roue de longue tige, afin de conserver le plus de tigeron qu'il est possible à ce pignon pour empêcher l'huile du réservoir de s'extravaser & entrer dans les ailes du pignon, défaut qui arrive lorsque les portées sont très-près du pignon, c'est-à-dire, lorsqu'il ne reste pas de tigeron; mais on n'a pas cet obstacle à craindre dans le pignon de roue d'échappement, puisqu'il peut avoir un tigeron de deux lignes; & sans que la roue affleure

(a) *Dresser* s'entend ici pour *faire tourner rond* le pignon, les Ouvriers se servent de ce mot pour exprimer cette opération.

le devant des ailes, elle peut même engrener dans le milieu de la longueur des ailes un peu plus ou un peu moins : cela eſt égal, (lorſqu'il y a de l'eſpace pour le tigeron).

929. Quand la roue d'échappement ſera énarbrée, on la dreſſera & tournera bien ronde & droite; mais on attendra de faire les traits aux croiſées que la roue ſoit fendue : on ne fera pas non plus de trait pour régler le fond de la denture, puiſque l'on ne ſait pas encore ſa profondeur, qui eſt ſur-tout déterminée par la nature de l'échappement que l'on veut employer.

930. On paſſera aux roues de répétition, dont on dreſſera les pignons, en ſuivant la méthode indiquée ci-devant (890 & 891) : on fera paſſer la roue *M* à une ligne au-deſſus de la roue *G* : elle ſera donc placée à la même hauteur que la roue de champ; ainſi on reculera l'aſſiette en conſéquence, ayant attention que le milieu des ailes ou à-peu-près du pignon, ſoit placé à la hauteur de la roue *L* qu'on placera dans la cage pour ſervir à déterminer la hauteur de la portée pour river la roue *M*. Quand cette roue *M* ſera tournée ronde & droite, les traits faits, l'aſſiette finie, &c. en un mot énarbrée, on dreſſera le pignon *g*; on fera ſes pointes, on tournera ſa tige, l'aſſiette & la portée que l'on reculera à propos, pour que le pignon ſe trouvant placé à la hauteur de la roue *M*, celle *N* qui doit être rivée ſur l'aſſiette ſoit diſtante de deux lignes environ de la platine des piliers; on rivera cette roue; on la tournera ronde & droite; on la limera bien plane ſur ſes côtés, ſelon les traits du burin, comme je l'ai expliqué (896 & 897); opération qu'il faut faire à toutes les roues que l'on enarbre, afin de les rendre parfaitement égales d'épaiſſeur; on fera les traits, pour le fond des dents, croiſés, & milieu. On tournera le derriere de l'aſſiette. On dreſſera le pignon de volant; on fera ſes pointes, & on tournera ſa tige, pour qu'elle aille tant ſoit peu en diminuant depuis le pignon, afin que les deux extrémités du volant *V* entrent bien juſte ſur cette tige; on l'adoucira à la lime. Enfin on dreſſera le pignon *a r* de renvoi (*fig.* 6), & on tournera les pointes de la tige.

931. Les roues étant ainſi énarbrées, & les pignons dreſ-

ſés, on polira tous les pignons, en tenant la roue d'une main, & faiſant appuyer l'extrémité de la tige ſur l'entaille d'un bois attaché à l'étau : on ſe ſervira d'abord pour adoucir les ailes des pignons, d'un bois de noyer, limé ſelon le vuide qui ſépare les ailes, comme nous l'avons expliqué (893) : mais on aura l'attention de ne pas appuyer trop fortement pour ne pas caſſer les ailes ; on adoucira le haut des dents avec un bois qui n'appuiera que ſur le haut & ſans toucher le fond des flancs ; on fera la même opération aux pignons de volant & de renvoi que l'on tiendra par le bout des tiges avec des tenailles à boucles.

932. Quand on aura bien adouci tous les pignons, on les polira avec du fuſin limé convenablement, dont on ſe ſervira avec du rouge d'Angleterre.

933. Les pignons étant tous bien polis, on mettra des cuivrots ſur ces pignons, & on en adoucira les tiges, d'abord avec la pierre à huile, enſuite avec une lime d'acier détrempée & limée unie, employant de la pierre du levant broyée avec de l'huile; & enfin on les polira avec une plaque d'étain & du rouge fin d'Angleterre, ou bien avec une lime de laiton & de la potée d'étain : à meſure qu'on adoucit & qu'on polit les tiges, on doit faire appuyer la lime, ſoit d'acier, ſoit de cuivre, contre le derriere des dents du pignon, ce qui les dreſſe & les polit.

934. Après avoir poli les tiges, il faudra faire les faces des pignons : pour cet effet on fera des petites plaques d'acier que l'on percera chacune d'un trou, de groſſeur différente, ſelon la groſſeur des tigerons ; on placera des cuivrots ſur les bouts des tiges ; & en roulant d'abord avec de la pierre à huile broyée miſe ſur la plaque d'acier, on dreſſera & on adoucira la face du pignon ; enſuite on la polira en ſe ſervant d'une plaque de cuivre percée d'un trou un peu plus grand que la groſſeur du tigeron ; on ſe ſervira de rouge fin d'Angleterre, ou, comme je l'ai dit, de la potée d'étain; on polira ainſi les faces de tous les pignons, & ſelon la méthode indiquée plus au long (898).

935. Les roues & pignons étant ainſi préparés, il faudra faire les pivots de ces pignons : on commencera par ceux du

pignon de grande roue moyenne. Pour cela on placera le barillet tout monté dans la cage; on poſera la grande roue moyenne ſur le bord de la cage, en ſorte qu'elle paſſe entre le barillet & la ſeconde platine; on lui fera partager également cet intervalle: on marquera dans le moment un trait ſur le tigeron en dedans de la ſeconde platine: ce trait marquera l'endroit où il faut lever la portée du pivot. On mettra ſur le milieu de la longueur de la tige un cuivrot, & on enfoncera le pivot par le trait marqué ſur le tigeron: on ne reculera pas d'abord tout-à-fait cette portée juſqu'au trait, il vaut mieux former d'abord le pivot, qui devra avoir $\frac{5}{12}$ de ligne de diametre, & de longueur un peu plus de trois quarts de l'épaiſſeur de la platine: on préſentera de nouveau la roue ſur le bord de la cage, afin de reculer petit à petit la portée ſelon qu'il en eſt beſoin, pour l'intervalle du barillet à la platine, en obſervant le même intervalle de la roue à la platine que l'on a ſuivi lorſque l'on a fait les pivots de la roue de longue tige (903).

936. Le pivot étant réduit à ſon diametre donné, & la portée reculée comme il faut, on tournera l'angle de cette portée, & on fera une petite rainure à l'extrémité du petit plan incliné que cela formera avec le tigeron; ce trait de burin ou rainure bornera l'huile, qui n'étant pas attirée par une grande ſurface, ne tendra pas à s'extravaſer du réſervoir pour aller ſur le milieu de la roue. Pour éviter plus ſûrement ce défaut, on peut allonger le tigeron en creuſant le pignon au-deſſous de la rivure, mais ſans altérer la ſolidité de cette rivure.

937. On adoucira le pivot & la portée avec une lime à pivot bien douce & quarrée, & dont l'angle ſoit bien vif: j'ai déja dit, par rapport aux pivots (903), qu'il faut qu'ils aillent un peu en diminuant de la portée à la pointe; c'eſt ce que l'on doit faire lorſqu'on les tourne: car la lime à pivot ne doit pas en changer la figure, elle doit ſeulement ôter les traits du burin, ſans diminuer le pivot: l'angle qui termine la portée avec le pivot doit être bien droit & coupé net au burin: enfin, ſi l'on veut avoir des pivots bien faits, il faut

qu'ils ſoient tournés au burin de la groſſeur & figure qu'ils doivent avoir, & qui ne doit pas changer en les adouciſſant & en les poliſſant: il faut donc avoir de bons burins, dont les faces ſoient bien dreſſées ſur la pierre à huile, & dont l'angle ſoit très-vif, c'eſt-à-dire, point émouſſé par la pointe.

938. On adoucira ce pivot en le faiſant rouler ſur l'entaille d'une broche du tour; & pour le polir, on revêtira cette broche d'un linge fin, & on emploiera une lime de cuivre rouge & du rouge fin d'Angleterre. Nous avons expliqué (*903* & *904*) toute cette opération qu'il faut mettre en uſage à chaque pivot, ainſi nous ne la répéterons plus; on obſervera ſeulement qu'il faut avoir pluſieurs broches de laiton ajuſtées ſur le tour pour avoir des entailles de différentes groſſeur & épaiſſeur, ſelon la groſſeur & la longueur des pivots.

939. Lorſqu'on n'a pas la main aſſez aſſurée pour bien rouler un pivot, on peut y ſuppléer par la méthode dont on ſe ſert pour les petits pivots de Montre; c'eſt de placer dans l'entaille d'une broche *c* (*Pl. XIX. fig.* 10) une petite vis diſtante du bout entaillé du pivot, de la largeur d'une lime à pivot; par ce moyen la lime à pivot porte en même-temps ſur le pivot & ſur la vis; & ſelon que l'on éleve, ou que l'on enfonce cette vis, la largeur de la lime devient droite ou inclinée au pivot; ainſi on rend le pivot cylindrique ou en pointe: la tête de la vis eſt placée en deſſus, & eſt fendue, afin de la monter ou deſcendre avec le tourne-vis, ſelon la groſſeur & figure du pivot; on abaiſſe la vis juſqu'à ce que la lime s'applique ſur toute la longueur du pivot, & poſe en même-temps ſur la tête de la vis.

940. Nous obſerverons encore, qu'à meſure que l'on adoucit le pivot en le faiſant rouler ſur la broche du tour, que l'on doit paſſer la lime à pivot ſur la pointe coupée du pivot pour rendre cette pointe unie & un peu émouſſée, afin que lorſqu'on met la roue dans ſa cage, cette pointe ne déchire pas la ſeconde platine pendant qu'on amene le pivot dans ſon trou; mais il faut avoir ſoin en ôtant l'aigu de cette pointe, à ne pas faire perdre le rond au bout du pivot, en ſorte qu'en le plaçant de nouveau ſur le trou d'une broche du tour, le pivot tourne

auſſi rond que lorſqu'on l'a tourné. On évitera ce défaut, lorſqu'on coupe le pivot de longueur, ſi on a ſoin de le tourner avec ſoin au burin, mais en y allant très-doucement, juſqu'à ce que le burin ſoit parvenu au centre de ce pivot; on donne même avec le burin une petite courbure ſphérique à la pointe du pivot, au lieu de le rendre conique & angulaire: ainſi coupé au burin, on roule le bout de ce pivot ſur la broche de cuivre pour l'adoucir, & on paſſe le bruniſſoir à pivot ſur ce bout: après qu'on a poli le pivot, on paſſe ce même bruniſſoir ſur la totalité du pivot avec les précautions indiquées ci-devant (904).

941. Le pivot du tigeron de la grande roue moyenne étant fini, on mettra quatre goupilles aux platines, & l'on prendra avec le maître-danſe, la hauteur de la cage à l'endroit où cette roue doit être placée; on fera l'autre pivot à l'endroit marqué par une pointe, tandis que l'autre appuie ſur la portée du pivot fini. On diminuera le pivot juſqu'à ce qu'il ſoit de la même groſſeur que celui qui eſt déja fait: on obſervera qu'il pourroit même être plus petit, par la raiſon que l'action du reſſort ſur le pignon étant faite preſque à l'extrémité de l'axe, la preſſion ſur le pivot placé près du pignon, eſt beaucoup plus grande que la preſſion ſur l'autre pivot: ces preſſions ſont en raiſon réciproque de leurs diſtances au centre de la roue; car ſi on ſuppoſe que le pignon eſt placé au milieu entre les deux pivots, & que la preſſion ſe fait en ce point, il eſt évident que chaque pivot (ſuppoſé de même groſſeur & longueur) éprouve le même frottement; mais ſi la preſſion ſe fait aux trois quarts de la longueur, le pivot placé à ce bout éprouvera un frottement trois fois plus grand, & ainſi de ſuite: ainſi dans notre exemple, ſi de la diſtance de l'appui de la roue ſur le pignon juſqu'au pivot du côté du pignon, il y a trois lignes; la diſtance priſe du même point de preſſion juſqu'à l'autre pivot ſera de 12 lignes (puiſque la hauteur totale du dedans de la cage eſt de 15 lignes en négligeant l'épaiſſeur des platines), ainſi la preſſion ſur le plus proche pivot ſera à la preſſion ſur le pivot le plus diſtant, comme 12 eſt à 3,

ou 4 à 1 ; d'où il ſuit que pour rendre ces frottements de même nature, il ſeroit néceſſaire, ou d'augmenter la longueur du pivot à raiſon de la différence des preſſions, ou d'augmenter les parties frottantes : c'eſt pour prévenir cet inconvénient qu'il faut placer les pignons (principalement dans les machines qui ont de grands frottements) le plus également diſtants des pivots qu'il eſt poſſible ; mais cela n'eſt pas toujours praticable dans les machines d'Horlogerie.

942. Pour en revenir aux pivots de la grande roue moyenne, on voit, parce que nous venons de dire, qu'il eſt néceſſaire que le pivot du côté de la roue ait une certaine groſſeur, & qu'il ſoit long ; parce que, comme il ſoutient lui ſeul la plus grande partie de l'action du reſſort, les éminences du pivot pénétreront dans les pores du trou ; & plus ſa ſurface ſera petite, & plus les parties qui la compoſent déchireront le trou, ſur-tout ſi le pivot eſt petit ; car alors ſa ſurface eſt compoſée de parties angulaires. On ne peut donc faire trop d'attention à toutes ces circonſtances, qui, ſi elles ne diminuent pas la quantité abſolue du frottement, le rendent au moins conſtant, ce qui revient preſqu'au même : quant à l'autre pivot, comme il eſt preſſé par une petite force, il eſt aſſez indifférent de le faire plus petit ou plus grand, ayant ſur-tout un mouvement lent : on pourra donc le faire preſque de la même groſſeur que celui du côté du pignon.

943. Les pivots de la grande roue moyenne étant faits, on fera ceux de la roue de champ ; & l'on fera d'abord celui du côté du pignon, dont la portée ſera diſtante de la face, de la même quantité que l'eſt le devant de la roue de longue tige, afin qu'il affleure à cette roue. On mettra cette roue dans la cage, afin de mieux juger cette quantité dont elle eſt éloignée de la platine des piliers : on levera le pivot, & on reculera la portée en conſéquence ; ce pivot peut avoir $\frac{4}{12}$ de ligne de diametre. Comme le tigeron ſera aſſez court, il faudra éviter que l'huile du réſervoir ne puiſſe s'introduire dans le pignon, pour cet effet on creuſera tant ſoit peu le bas des ailes avec un burin aigu ; on ôtera foiblement l'angle de la portée,

&

& on fera un petit trait de burin, pour que l'huile n'aille pas plus loin ; ce pivot peut avoir les deux tiers de l'épaiſſeur d'une platine pour longueur, c'eſt-à-dire, $\frac{8}{12}$ de ligne : on le coupera donc en conſéquence au burin, & de la maniere que je l'ai dit (940) ; on adoucira & on polira le pivot & la portée ; on mettra un cuivrot ſur le pignon, & aſſez avant pour qu'il n'empêche pas le maître-danſe d'appuyer d'une de ſes pointes contre la portée du pivot fini ; on prendra la hauteur de la cage avec cet outil, & on formera le ſecond pivot auquel on donnera la même groſſeur & la même longueur qu'à celui qui eſt déja fait ; on l'adoucira & on le polira de la même façon.

944. On pratiquera la même choſe pour les pivots de la roue d'échappement : ils doivent être un peu plus petits & plus courts que ceux de la roue de champ : on ſe réglera ſur la hauteur de la roue de champ pour lever d'abord le pivot du côté du pignon ; on fera la portée de la même maniere avec une petite rainure pour arrêter l'huile ; obſervation qu'il ne faut négliger à aucuns pivots : il faut auſſi avoir ſoin de conſerver une certaine largeur à ces portées, afin que, par leur frottement contre la platine, elles ne puiſſent pas former un petit enfoncement très-nuiſible, & qui ôte la liberté du mouvement : c'eſt ce qui ne manque jamais d'arriver, lorſque ces portées ſont trop étroites, & que les trous des pivots ſont un peu grands ; & cela arrive ſur-tout aux pivots du côté du pignon, lorſque l'on a trop enfoncé les ailes, & que le tigeron étant venu fort petit, on s'eſt vu forcé de faire un pivot trop fin pour avoir une bonne portée ; c'eſt donc une attention qu'il ne faut pas négliger en fabriquant ces pignons ; & ne pas faire comme bien des Ouvriers, qui, pour donner *plus de grace* à leurs pignons, en enfoncent ſi fort les ailes, qu'ils ſont obligés, pour ne pas rendre la tige & le tigeron trop foibles, de laiſſer la canelure faite par la lime à fendre. Il faut préférer de faire des machines plus ſolides & mieux raiſonnées, que de s'attacher à imiter de pareils ouvrages.

945. Lorſqu'on aura fait & fini lès pivots du rouage du mouvement, on fera ceux des roues de ſonnerie. On commen-

cera par ceux de la roue *M*; on levera celui du côté du pignon, auquel on donnera pour diametre $\frac{3}{12}$ de ligne, & pour longueur un peu plus des deux tiers de l'épaiſſeur de la platine ; on reculera la portée, ſelon la poſition de cette roue, que nous avons dit devoir paſſer à une ligne au-deſſus de la roue *G*, à cauſe des chevilles qu'elle doit porter. On adoucira, & on polira ce pivot; on levera & on finira de même l'autre pivot qui doit être de la même groſſeur & longueur.

946. Pour lever les pivots de la roue de volant *N*, on ſe réglera ſur la hauteur de la roue *M*: on reculera donc la portée ſelon qu'il ſera beſoin. Les pivots de la roue de volant doivent être plus petits & plus courts que ceux de la roue *M*: on les fera donc en conſéquence, & on les polira ſelon les méthodes que j'ai indiquées.

947. Enfin on levera les pivots du pignon de volant; mais avant de les faire, on formera ſur le milieu de la longueur de la tige, une rainure avec le burin, laquelle aura $\frac{1}{2}$ ligne de largeur & un douzieme de ligne de profondeur, & ſera coupée bien plate dans le fond, & quarrément par les bords: cette rainure ſervira à contenir un petit reſſort plat, qui étant mis à travers le volant, retiendra celui-ci avec le pignon par un frottement aſſez fort pour que le pignon par ſon mouvement entraîne le volant. Pour lever la portée du côté du pignon, on ſe réglera ſur la diſtance de la roue *N* à la platine des piliers, afin qu'elle engrene en plein dans le pignon. On fera les pivots plus petits & un peu plus courts que ceux de la roue de volant *N*.

948. Lorſqu'on aura fait les pivots du pignon de volant, on fera le volant. On fait ordinairement le volant avec du laiton fondu exprès; mais ſi l'on n'en trouve pas de modele, on pourra ſe diſpenſer d'en faire un exprès pour cela ; ainſi on prendra du laiton qui ait une ligne d'épaiſſeur; on lui donnera pour longueur une ligne de moins que la longueur de la tige priſe du derriere du pignon juſqu'à la portée du pivot: on donnera 9 lignes de largeur à ce cuivre: on l'ébauchera avant de l'écrouir, c'eſt-à-dire, qu'on l'amincira de chaque côté

en réſervant ſeulement à chaque bout, dans le milieu de la largeur, une têtine qui aura deux lignes de largeur & une ligne d'épaiſſeur; on réduira le reſte à un tiers de ligne d'épaiſſeur; enſuite on l'écrouira bien dur au marteau, ayant ſoin de l'élargir plus que de l'allonger, pour qu'il ne devienne pas plus long que la tige; car on ne pourroit raccourcir que très-peu les têtines, pour leur laiſſer une certaine ſolidité autour des trous, qui doivent être percés dans leur longueur, pour faire entrer la tige du pignon de volant. Pour durcir les têtines ſans les amincir, on ſerrera la partie mince du volant à l'étau, en faiſant appuyer le derriere de la têtine ſur les deux mâchoires; en cet état on les frappera à coups de marteau; on en fera autant à toutes deux: le volant étant bien écroui, on percera les têtines ſelon la longueur du volant bien au milieu de la largeur & de l'épaiſſeur; ce trou devra être un peu plus petit que le petit bout de la tige du pignon; on ne percera que les têtines; car le volant étant mince ne pourra être percé dans ce ſens ſelon ſa longueur; mais pour le faire, on tirera une ligne ſelon la longueur du volant qui paſſe bien par le milieu des trous faits aux têtines; par cette ligne, on percera à travers le volant des trous qui ſoient fort près les uns des autres; & ainſi entre tout l'intervalle qui ſépare les têtines, on limera toutes les petites ſéparations de ces trous; en ſorte que l'intervalle entre les deux têtines formera une fente, qui permettra à la tige de paſſer dans toute la longueur du volant, & d'entrer dans les trous des têtines que l'on aggrandira en conſéquence; on élargira la fente qui ſépare les têtines, afin que ces bords ne touchent point à la tige; ainſi le volant tiendra au pignon par ſes deux extrémités. Il faut que le volant entre librement ſur la tige.

949. Le volant ainſi préparé, on en limera les bouts pour qu'ils ſoient d'équerre avec les trous des têtines; & l'on accourcira le volant juſqu'à ce qu'il ſoit d'une demi-ligne plus court que la tige priſe du derriere du pignon, juſqu'à la portée du pivot. On tiendra le volant le plus large qu'il ſe pourra, c'eſt-à-dire, de maniere à paſſer à côté de la tige de la roue de volant ſans

y toucher : par ce moyen on aura de quoi l'étrécir pour faire fonner la répétition de la vîteffe convenable, lorfque la piece fera finie : le volant doit être de même largeur dans toute fa longueur. Cela fait, on limera le volant que l'on rendra fort mince & d'égale épaiffeur, en forte qu'il foit d'équilibre dans quelque pofition qu'on lui donne lorfqu'il roule fur les pivots de fon pignon : on terminera les têtines que l'on rendra les plus légeres qu'il fe pourra, fans qu'elles puiffent cependant fléchir; on les arrondira autour des trous, & également.

950. On fera enfuite le reffort qui doit obliger le pignon d'entraîner le volant : on peut faire ce petit reffort de plufieurs manieres, mais voici celle que je préfere. On pratiquera vis-à-vis de la rainure faite à la tige, une fente tranfverfale qui foit faite de chaque côté de la fente du volant jufqu'au milieu de fa largeur ; cette fente doit être de même largeur que la rainure faite à la tige, & on obfervera, en marquant cette fente, de placer le volant fur fa tige, en forte que l'un des bouts ne touche pas au derriere du pignon, & que l'autre foit affez éloigné de la portée pour qu'il ne puiffe jamais aller toucher à la platine lorfque le pignon eft mis en cage : c'eft cette fente tranfverfale qui doit fervir à loger un petit reffort mince, recourbé pour appuyer par le milieu de fa longueur fur la rainure de la tige, tandis que les deux bouts paffent fur l'autre côté du volant, & appuient chacun par leurs bouts fur l'extrémité de la fente tranfverfale, ils anticipent même un peu fur la largeur du volant : pour faire ce reffort, on emploie de l'acier mince que l'on écrouit, (un bout de reffort de Montre *revenu* eft bon pour cela); on le rend également large & épais felon toute fa longueur, qui eft moindre que la largeur totale du volant.

951. On pourroit croire que ce reffort eft inutile ; & qu'en faifant entrer le volant à frottement fur fa tige, cela produiroit le même effet ; mais on fe tromperoit. Ce reffort eft abfolument néceffaire dans une piece à fonnerie ; car la détente qui arrête la cheville de la roue d'arrêt, fufpend tout-à-coup le mouvement du rouage ; mais à caufe de l'inertie ou pefanteur, le volant tend à continuer fon chemin avec fa vîteffe actuelle ;

si donc on le suppose fixé sur la tige, & qu'il ait une certaine pesanteur, il fera nécessairement casser les pivots du pignon; mais si au lieu d'être fixé à la tige, il peut tourner séparément par frottement doux; la roue d'arrêt étant arrêtée subitement, ainsi que la roue de volant, & par conséquent le pignon de volant, le volant continuera à tourner, & séparément du pignon, jusqu'à ce qu'il ait consumé toute la force de mouvement; ainsi il n'en pourra résulter aucun accident; d'ailleurs un volant ainsi arrangé fait moins de bruit en tournant que s'il étoit rendu fixe sur la tige.

952. Dans les Horloges à répétition, il n'est pas absolument nécessaire que le volant puisse tourner séparément du pignon, ainsi que nous venons de faire voir qu'il l'est aux sonneries; car dans une répétition, l'encliquetage de la premiere roue *L* de sonnerie, permet au rouage de continuer à tourner du même côté par l'impulsion du volant & l'inertie des roues, à cause que l'arrêt se fait par l'axe & non par le rouage; mais malgré cela il est à propos de faire un ressort aux volants de répétition, parce que le rouage fait moins de bruit en tournant.

953. Le ressort de volant ne doit pas être trop fort, afin qu'il ne puisse pas *fausser* la tige : c'est pour prévenir ce défaut qu'il est nécessaire de conserver la tige d'un pignon de volant plus forte, & qu'il ne faut pas faire la rainure au milieu de la longueur, comme nous l'avons dit, mais presqu'à l'extrémité du volant : ainsi on place ce ressort en conséquence.

954. Les roues & les pivots amenés en cet état, on pourroit faire les dentures, mettre les roues en cage, & former les engrenages; mais afin de faire toutes les dentures de suite, il est à propos d'énarbrer, & de poser les roues de cadrans & leurs ponts. Pour cet effet, on fera d'abord le pont *a b*, (*fig.* 3), de la roue de cadran. Ce pont ([a]) est de laiton fondu. A Paris, l'on en trouve de tout faits chez les mêmes Marchands

[a] Il y a des Ouvriers, qui pour faire ces sortes de ponts, prennent du laiton en planche d'environ une ligne d'épaisseur, qui le plient selon la forme requise, pour former les deux pattes, & qui rivent ensuite un canon dans le milieu pour porter la roue de cadran; mais ce pont est moins solide que d'une seule piece,

qui vendent les limes, les outils d'Horlogers ; & en général ces Marchands vendent tous les outils & matériaux néceſſaires pour la fabrique des ouvrages d'Horlogerie.

955. Il y a des Ouvriers qui font rouler le canon de la roue de cadran immédiatement ſur le canon de chauſſée, ainſi que cela ſe fait dans les Montres ; mais pour éviter le frottement que cauſe la peſanteur de la roue de cadran ſur la chauſſée, il eſt à propos de faire le pont *a b* dont nous venons de parler ; ce pont s'attache ſur la platine, & porte un canon, dans le trou duquel le canon de la chauſſée paſſe librement & ſans y toucher ; le dehors du canon du pont ſert à recevoir le canon de la roue de cadran ; ainſi celle-ci ne gêne point le mouvement de la chauſſée, qui ayant douze fois plus de vîteſſe que la roue de cadran, exige qu'on la décharge de la preſſion de cette roue ; cela eſt ſur-tout néceſſaire dans les Horloges à ſecondes, dont on veut réduire les frottements pour n'avoir que la moindre force motrice.

956. Si l'on n'eſt pas en lieu de pouvoir trouver ce pont jetté en moule, on fera un modele en bois ; on prendra pour cela un morceau de bois de hêtre ou autre, de la longueur de *ab*, de cinq lignes de largeur, & de quatre lignes d'épaiſſeur ; on le percera dans le milieu de ſa longueur & de ſa largeur, d'un trou propre à laiſſer paſſer le canon de la chauſſée. On mettra la roue de longue tige en place, & la chauſſée ſur ſa tige ; on entaillera ce bois en travers de toute la quantité requiſe, pour laiſſer paſſer en deſſous la roue & l'aſſiette de chauſſée, & que les pattes *a b* poſent ſur la platine : on réduira le reſte de l'épaiſſeur au-deſſus de l'entaille à une ligne d'épaiſſeur, en limant à plat toute la longueur du bois ; & pour que les pattes n'aient pas une épaiſſeur inutile, on entaillera (par-deſſus) les bouts *a h*, *b g*, juſqu'à ce que ces pattes aient une ligne d'épaiſſeur. Il reſtera à chaque bout des montants coudés en *g* & en *h*, auxquels on donnera auſſi une ligne d'épaiſſeur. Pour achever ce modele, il ne reſtera qu'à tourner un morceau

& d'ailleurs plus difficile à exécuter. Il eſt vrai que pour le faire d'une ſeule piece, il faut avoir un modele ; mais ce modele une fois fait ſert pour toutes les pieces qu'on a à faire, ſoit ſonnerie ou répétition.

de bois, qui ait environ un pouce de long & quatre lignes de diametre, il ſervira à faire le canon du pont; on le tournera ſur toute ſa longueur; on levera à un bout une portée de la groſſeur du trou fait à la traverſe *g h* du pont, & de l'épaiſſeur d'une ligne; on fera entrer à force cette portée, & on la colera pour ne former avec le pied qu'une ſeule piece: on obſervera que le trou du canon du pont ne doit pas être percé au modele, parce que ce trou eſt trop petit pour devoir ſe former à la fonte, cela ne ſerviroit d'ailleurs de rien. Le modele fait, on le fera jetter en moule.

957. Le pont ainſi fondu, on écrouira les pattes, le canon & la traverſe, en maintenant le tout bien droit; enſuite on percera ſelon la longueur du canon, bien droit & au milieu, un trou avec un foret un peu plus petit que le canon de chauſſée; on aggrandira ce trou avec un équarriſſoir, juſqu'à ce que la chauſſée y entre bien juſte; on chaſſera ce canon ſur un arbre liſſe, afin de marquer un trait de burin, qui ſerve à dreſſer le deſſous des pattes pour qu'elles poſent bien à plat ſur la platine, & que le canon ſoit perpendiculaire au plan de la platine; on les dreſſera donc en conſéquence, & on limera le deſſous de la traverſe juſqu'à ce que l'aſſiette de la chauſſée n'y touche plus, & que les pattes poſent bien à plat ſur la platine, tandis qu'elle entre juſte ſur le canon de chauſſée. Cela étant, on percera à chaque bout les trous pour les vis qui doivent fixer ce pont ſur la platine. On mettra le pont à ſa place, ayant l'attention de diriger les pattes du pont pour qu'elles ne nuiſent pas à l'encliquetage, & qu'elles réſervent la place de la roue de renvoi, marquée ſur cette platine par le calibre qui y a été tracé; en cet état on percera avec le même foret les trous à la platine; enſuite on fera les vis, & on taraudera les trous faits à la platine; mais avant d'attacher le pont, on en aggrandira un peu le trou pour que la chauſſée n'y entre pas ſi juſte, mais qu'elle puiſſe tourner librement & ſans jeu, ni par un bout ni par l'autre; enſuite on attachera le pont ſur la platine; en cet état, il faut (ſi le pont eſt bien poſé) que la chauſſée tourne librement, ſans quoi c'eſt une marque que le pont n'eſt pas

bien concentrique à la chauſſée). Pour corriger ce défaut, on aggrandira les trous des vis du pont un peu plus qu'il n'eſt beſoin pour le paſſage des vis ; on attachera le pont fortement ſur la platine par le moyen de ces vis ; & avec un marteau, on chaſſera le pont en frappant ſur les côtés des pattes, en eſſayant à chaque coup de faire tourner la chauſſée ; quand elle tourne librement, on perce à chaque bout des pattes un trou qui traverſe les pattes & la platine ; ces trous ſerviront à y chaſſer des pieds pour arrêter le pont à l'endroit convenable, pour qu'il ſoit concentrique à la chauſſée.

958. Pour percer les trous des pieds, on prendra un foret qui ait une demi-ligne de groſſeur ; on paſſera dedans un équarriſſoir pour les rendre unis, & on fera un repaire d'une des pattes du pont avec la platine, afin de ne pas changer les pattes de côté ; on démonte le pont, & on lime des chevilles de fil de laiton, tiré bien dur, pour les faire entrer dans ces trous ; ces chevilles qu'on appelle des *pieds* ou *tenons* doivent être peu en pointe ; après qu'on les a limées bien rondes & unies, on les fait entrer à force ſur la patte du coq, en les chaſſant par le dehors, c'eſt-à-dire, du même côté où l'on a paſſé l'équarriſſoir ; on les lime à fleur de la patte de ce côté, & on les laiſſe ſaillantes en deſſous de l'épaiſſeur de la platine.

959. Pour ôter les rebarbes des bouts de ces tenons, on fera un outil que j'appellerai *Foret à tenon* ; ce *foret* ſe fait avec un bout d'acier tiré rond, lequel a environ une ligne $\frac{1}{2}$ de diametre : on lime plat un bout de ce fil d'acier, & on fait deux fentes en croix avec une lime à fendre, en ſorte qu'il ſe forme au point de réunion une creuſeure formée par quatre angles qui ſervent à couper les rebarbes des tenons ; on en fait de différentes groſſeurs ſelon celle des tenons ou chevilles : le bout de cet outil doit être trempé & revenu jaune ; & l'autre bout fait en pointe, doit porter un cuivrot comme un foret : ſi les tenons du pont entrent trop à force dans les trous faits à la platine, on aggrandira un peu ces trous, mais légérement ; car ces tenons doivent entrer un peu à force.

960. Le pont étant ainſi poſé, on le mettra ſur l'arbre liſſe,

liſſe, afin de tourner ſon canon, ce que l'on fera juſqu'à ce que l'épaiſſeur de ce canon ſoit autour du trou d'environ $\frac{1}{4}$ de ligne au plus; on tournera le milieu de la traverſe *g h* pour la rendre bien plane, & on limera le reſte de cette traverſe en la réduiſant d'égale épaiſſeur ſur toute ſa longueur; on réſervera une petite épaiſſeur ſur le canon au-deſſus de cette traverſe, laquelle formera une aſſiette, qui éloignera la roue de cadran d'un quart de ligne de la traverſe, c'eſt-à-dire, qu'on reculera la portée du canon juſqu'à un quart de ligne du deſſus de cette traverſe.

961. Le canon du pont ainſi préparé, il faudra faire le canon de la roue de cadran. On ſe ſervira pour cela de fil de laiton tiré ou fondu, n'importe, qui ait environ un pouce de long & cinq lignes de diametre; on l'écrouira bien dur, & on le percera ſur le tour (910) avec un foret un peu plus petit que le dehors du canon du pont, pris par le bout; on aggrandira ce trou pour le faire entrer ſur le canon, & pas tout-à-fait au fond, mais ſeulement juſqu'au milieu de ſa longueur; on placera ce canon ſur un arbre liſſe, & on le tournera dans toute ſa longueur; on formera au bout du côté le plus aggrandi du trou une portée pour recevoir le trou de la roue de cadran; on laiſſera une épaiſſeur convenable pour la rivure: cela fait, on réſervera l'épaiſſeur de l'aſſiette, & on tournera de-là juſqu'au bout du canon, en le réduiſant à environ demi-ligne d'épaiſſeur autour du trou: on aggrandira le trou de la roue de cadran pour le faire entrer bien juſte ſur la portée du canon; & on le rivera après avoir ébiſelé le trou pour la place de la rivure; & afin que cette roue ne puiſſe pas ſe dériver en paſſant l'équarriſſoir dans le trou de ſon canon, on ne limera pas la rivure tout-à-fait à fleur de la roue: on paſſera l'équarriſſoir dans le trou du canon, afin d'ôter les rebarbes; on tournera légerement la partie ſaillante de la rivure en la mettant un peu en goutte de ſuif; on tournera, & on dreſſera la roue ſur ſes côtés, & on fera les traits pour le fond des dents & pour les croiſées; bien entendu que les arbres liſſes dont on ſe ſervira

pour tourner ces canons, doivent être parfaitement ronds & de la forme des équarrissoirs.

962. Pour faire entrer le canon de la roue de cadran sur celui du pont, on tournera ce dernier petit à petit, afin de l'y faire emboîter juste & sans jeu à un bout plus qu'à l'autre, employant pour cela les précautions indiquées pour la chaussée (911); on fera tourner librement la roue sur le pont en adoucissant le canon du pont avec une lime douce, & passant ensuite un brunissoir pour ôter les traits de la lime.

963. Pour tourner la roue parfaitement ronde sur sa circonférence, on la fera rouler sur le canon du pont: celui-ci placé sur l'arbre lisse, on le mettra sur le tour, & on le rendra immobile avec une tenaille qui l'empêchera de tourner; on entourera le canon de la roue avec la corde d'un archet, & en cet état on tournera la circonférence de la roue.

964. Pour achever les roues de cadran, il ne restera qu'à énarbrer la roue de renvoi *S* (*fig.* 3). Si le trou de la roue est de la grosseur juste de la portée que l'on a formée sur le pignon, on la rivera après son pignon, sinon il faudra river une assiette sur ce pignon; pour cet effet, on reculera encore cette portée d'une deuxieme épaisseur de la roue *S*, pour avoir l'épaisseur de l'assiette; on prend, pour faire cette assiette, du laiton qui ait environ quatre lignes de diametre, & deux fois ½ l'épaisseur de la roue; on écrouira ce laiton, & on percera dans le milieu un trou de grosseur propre à faire entrer à force sur la portée du pignon; on tournera cette assiette, & on formera dessus une portée pour l'épaisseur de la roue; on creusera sur le tour le milieu de l'assiette, pour que cette premiere rivure soit plus enfoncée que celle de la roue; on rivera cette assiette sur le pignon, & bien solidement; on tournera l'assiette bien ronde; on donnera pour longueur de la portée l'épaisseur de la roue, & en sus la quantité requise pour la rivure; on laissera cette portée assez grosse, pour qu'en rivant la roue, on ne puisse pas déranger la rivure du pignon.

965. Lorsqu'on aura rivé la roue de renvoi sur cette

assiette, on la tournera droite & ronde : ensuite on fera les pivots ; pour cela il faudra présenter cette roue sur le bord de la cage, en faisant approcher la roue de renvoi à la même distance du dehors de la platine des piliers, que l'est la roue de chaussée ; alors on marquera un trait sur la tige, bien à fleur du dedans de la seconde platine ; ce trait marquera l'endroit de la portée du gros pivot, lequel doit rouler dans cette platine, & dont le bout prolongé doit porter le *limaçon* des quarts : on levera la portée de ce pivot, & on fera le pivot qui doit avoir à-peu-près $\frac{1}{4}$ de ligne de diametre, ce qui dépend de la grosseur de la tige, qu'il est nécessaire de diminuer au point de former une bonne portée pour le pivot ; ce pivot fait & fini, ainsi que nous l'avons expliqué (903), on formera le second pivot en levant la portée à $\frac{1}{4}$ de ligne de distance de la face du pignon : ce pivot peut avoir $\frac{1}{5}$ de ligne de diametre, si le tigeron est assez gros, pour qu'après avoir levé une portée convenable, le pivot reste à cette grosseur ; sinon on le diminuera, s'il est besoin, pour former la portée.

966. Avant de faire les dentures pour former les engrenages, il faudra achever les croisées des roues (à l'exception de celles du rochet d'échappement, qui ne doivent être finies qu'après que la roue est fendue) afin qu'après que les dentures seront faites, les roues n'aient plus aucuns efforts à éprouver qui puissent les courber & les rendre mal droites ; en sorte que par cette précaution les roues resteront parfaitement rondes, & qu'on formera de bons engrenages. On limera donc ces croisées selon les traits qu'on y a faits au burin : on rendra les barrettes d'une même roue également larges entr'elles, & en leur conservant la solidité convenable, c'est-à-dire, relative à l'épaisseur de la roue, à la largeur du champ, & à la pression que la roue doit soutenir ; en sorte que si la roue recevoit un effort, toutes ses parties puissent fléchir également, & sans qu'une d'elles pût casser plutôt qu'une autre : de cette maniere la roue restera solide, & sera la plus légere qu'il est possible.

967. Pour former les croisées, on a dû se servir de limes

à *feuilles de ſauge* rudes pour limer le dedans du champ, & pour les barrettes, de limes *à barrettes rudes*; ce ſont des eſpeces de limes à arrondir, mais qui ſe terminent en pointe: pour achever les croiſées, on ſe ſervira des mêmes eſpeces de limes, mais qui ſeront douces, & dont les angles ſoient nets & vifs, afin de terminer proprement les coins des croiſées.

968. Quand les croiſées ſeront ainſi terminées, on ôtera les angles ou carres des barrettes & du champ, afin que l'ordure ne puiſſe y être arrêtée par les bavures; enſuite on promenera la largeur de la lime douce à barrette, ſelon la longueur des barrettes & du tour du centre, pour *mener les traits de la lime en long:* on fera de même ſur le dedans du champ. Les barrettes ainſi adoucies, on les polira, en ſe ſervant pour cela d'un bruniſſoir de figure ovale terminé en pointe: on plongera le bruniſſoir dans l'huile, & on le promenera ſur les barrettes, en appuyant un peu fortement, & ſelon les traits faits en long, ce qui effacera ces traits: on brunira ainſi les barrettes, le tour du centre & le dedans du champ des roues, & les croiſées ſeront finies.

5°. *Faire les Dentures & former les Engrenages ſur l'outil, & mettre les Roues en cage.*

969. Pour contenir les roues ſolidement pendant qu'on en fait les dentures, il faut avoir une planche que l'on attachera à l'étau, & contre laquelle on fera appuyer la roue en la preſſant avec une main contre la planche, tandis qu'avec l'autre on arrondit les dents. Il faut que cette planche ſoit de bois dur, tel que le chêne; elle aura environ ſix lignes d'épaiſſeur, trois pouces de large, & ſix pouces de longueur: on percera cette planche de pluſieurs trous aſſez grands pour laiſſer paſſer librement les pignons, afin que les roues poſent à plat contre la planche; ces trous doivent être percés aſſez près du bord, pour qu'il n'y ait qu'une portion de la roue qui ſaille par-deſſus le bord de la planche; ainſi ces trous doivent être plus ou moins éloignés du bord de la planche, ſelon qu'ils doivent ſervir à de

grandes ou à de petites roues; cette planche doit être bien plane & unie, afin que la roue ne puiſſe bercer & ſe courber pendant qu'on en forme les dents.

970. Avant que de travailler à arrondir les roues de cette Horloge, il eſt bon d'obſerver que les dents de toutes les roues ne doivent pas avoir la même figure, & que l'origine de la courbe doit ſe prendre plus ou moins près du ſommet de la dent, ſelon que la roue engrene dans un pignon plus ou moins nombré: ſi, par exemple, on fait les dents de la roue de barillet, laquelle doit engrener dans un pignon de douze, comme les dents de la roue doivent moins pénétrer dans l'intervalle des ailes du pignon pour former l'engrenage, il ſuit de-là que la courbure des dents doit être plus proche du ſommet; mais ſi au contraire on fait les dents de la roue de longue tige, comme cette roue engrene dans un pignon de ſix, alors chaque dent de la roue doit conduire le pignon pendant la ſixieme partie de ſa révolution, c'eſt-à-dire, lui faire décrire 60 degrés; c'eſt ce que les Horlogers appellent la *menée.* Ainſi la menée du pignon de ſix étant double de celle du pignon de douze, la dent pénétrera d'autant plus, & la courbe devra prendre ſon origine plus près du fond de la dent: par ce moyen on parviendra à rendre la menée de la dent uniforme. Au reſte nous renvoyons, pour ce qui regarde la théorie des courbes des dents, à notre ſeconde Partie, & ſur-tout au Cours de Mathématiques de M. Camus; & pour ſuppléer à l'un & à l'autre, l'outil d'engrenage ſervira à donner ces courbes, ainſi que nous le verrons ci-après.

971. Quoiqu'il ſoit aſſez indifférent par quelle roue commencer, pour en faire la denture, on ne fera pas mal de faire d'abord les dents de la roue de barillet. Comme ces dents ſont plus groſſes, on s'accoutumera plus facilement à former les courbes qui deviennent plus apparentes: on prendra donc le barillet monté ſur ſon arbre; on percera à la planche un trou convenable pour laiſſer paſſer le pivot du côté de la roue, & ce trou ſera diſtant du bord, de maniere que les dents ne ſaillent au-deſſus du bord de la planche qu'à-peu-près comme

le barillet faille les platines, dans les figures de la Planche Ve; par ce moyen on tiendra plus facilement la roue appliquée contre la planche, sans que l'effort de la lime fatigue la main qui appuie sur le barillet.

972. Pour ébaucher les dents, on prendra une lime à *trois carres*, & on limera les angles des dents; en faisant entrer dans l'intervalle des dents l'angle de la lime, & on appuiera, en dirigeant la lime selon l'axe du barillet, pour que l'on ne fasse pas les dents inclinées sur l'axe, ce que l'on appelle *faire les dents à vis sans fin*; on aura aussi attention d'abattre également les carres à chaque côté des dents, & à chaque dent de la roue, & jusqu'à ce que l'on ait fait le *tour de la roue*; c'est-à-dire, ôté les angles de toutes ses dents: lorsqu'on aura ainsi passé la lime à trois carres, on se servira d'une lime à arrondir rude pour ôter les pans ou angles des dents, & on formera la courbe également de chaque côté des dents, & toujours en dirigeant la lime selon l'axe de la roue, afin de ne pas arrondir les dents à vis sans fin: on aura aussi attention à ce que le devant & le derriere des dents soit limé de la même courbure; pour cet effet, il faut pousser la lime sans la hausser ni baisser, mais en la menant parallélement à l'axe de la roue.

973. La roue ainsi arrondie, on choisira une lime *à égalir* qui entre bien juste dans le vuide des dents, & on s'en servira pour en dresser le fond, & pour ôter les traits que la fraise a faits aux flancs des dents: si les dents de la roue ne sont pas également enfoncées, on prendra une lime *à égalir bâtarde*, & on enfoncera les dents les moins longues, en se réglant pour cela sur le trait fait près du fond des dents.

974. Les dents ainsi préparées, il faudra, avant de les adoucir, présenter la roue sur l'outil d'engrenage, ainsi que le pignon dans lequel elle doit engrener, & comme on le voit (*Planche IV, fig.* 2). On fera approcher la roue de son pignon, de la maniere que je l'ai expliqué (518), & jusqu'à ce que l'on ait trouvé la distance la plus convenable entre les deux axes, afin que l'engrenage se fasse le plus uniformément. Pour bien

juger de l'effet de l'engrenage des roues mifes fur l'outil, on preffe avec une main fur l'axe du pignon, pour produire un frottement, tandis qu'avec l'autre main on fait tourner la roue par un mouvement lent, afin de juger de l'inégalité du mouvement que les dents de la roue produifent fur le pignon : fi on ne peut pas trouver un point où l'engrenage ne fe faffe pas fans fault, c'eft une marque que la courbure des dents n'eft pas bien faite, (car je fuppofe qu'on a fait le pignon de la groffeur convenable, & felon les regles prefcrites); ainfi les inégalités dans le mouvement de la roue & du pignon, font produites par les mauvaifes courbures des dents, c'eft-à-dire, qu'elles font encore trop quarrées, & pas affez arrondies ; on les arrondira donc de nouveau en abattant plus fortement les angles pour former une bonne courbure : & s'il arrivoit que les dents de la roue euffent été faites trop vuides, & que l'on ne pût pas y former une courbure propre à mener uniformément les ailes du pignon, on pourroit faire cette courbure plus grande d'un côté de la dent que de l'autre ; c'eft-à-dire, que le fommet où la courbure de chaque côté de la dent vient fe réunir, ne feroit pas au milieu de l'épaiffeur de la dent, mais un peu fur le côté, ayant égard pour cela au côté felon lequel la roue doit tourner. On voit que par ce procédé l'engrenage ne feroit uniforme, que lorfque l'on fait tourner la roue du côté où les grandes courbes font formées, & qu'en la faifant tourner de l'autre fens, l'engrenage fe feroit par fault ; mais il ne faut pas avoir égard à cette prétendue difficulté ; car dans nos Horloges, les roues vont toujours du même côté fans aller & revenir alternativement fur elles-mêmes. Au refte on préviendra toute objection, lorfqu'en fendant les roues, on choifira des fraifes affez minces pour laiffer, ainfi que nous l'avons dit (780) plus de plein que de vuide, par ce moyen on forme des courbures propres à faire de bons engrenages.

975. En arrondiffant les dents, il faut avoir grande attention de ne pas atteindre tout-à-fait le fommet des dents avec la lime à arrondir, afin de leur conferver la même longueur, & par conféquent de ne pas altérer la rondeur de la roue.

976. Lorſqu'on aura retouché les courbes des dents, on préſentera de nouveau la roue & le pignon ſur l'outil, & on approchera ou on écartera la roue du pignon pour trouver le point de diſtance le plus convenable pour cette roue.

977. Pour éviter de retoucher à pluſieurs fois à toutes les dents d'une roue, & pour leur donner la courbure convenable, on peut n'arrondir d'abord qu'environ deux fois autant de dents que le pignon que cette roue mene a d'ailes; ainſi on arrondira ſeulement 20 ou 24 dents de la roue de barillet, & on en changera la courbure juſqu'à ce que l'engrenage ſoit bon; & ſi la roue étoit trop grande, relativement à ſon pignon, c'eſt-à-dire, ſi l'on avoit fait ce pignon trop petit, il faudroit tourner cette roue & diminuer la longueur de ſes dents pour la réduire au volume convenable pour rendre l'engrenage uniforme. Quand on aura ainſi déterminé la courbure des dents, & réduit la roue à ſa vraie grandeur, on formera les courbures du reſte des dents de la roue, & on aura attention à les faire parfaitement ſemblables aux premieres; on préſentera, pour cette vérification, la roue & le pignon ſur l'outil, pour pouvoir toucher aux dents dont la courbure ne feroit pas bien faite.

978. Les dents amenées à ce point, il faudra les adoucir; mais avant de le faire, il faut placer la roue de barillet ſur le tour, & la faire tourner ſur ſon axe rendu fixe, afin de couper légerement les ſommets des dents pour les réduire exactement à la même longueur: les Horlogers appellent cette opération, *friſer les pointes des dents*; alors on prend une lime à arrondir douce pour ôter les marques du burin faites au ſommet des dents, & réformer de nouveau la courbe de celles des dents qui étoient plus longues, & les rendre par ce moyen parfaitement égales entr'elles.

979. Il eſt bon d'obſerver, que pour faciliter l'exécution des courbes des dents, il faut choiſir des limes à arrondir aſſez épaiſſes pour qu'elles ne puiſſent pas atteindre au fond de la dent, mais ſeulement juſqu'à l'endroit où la courbe prend ſon origine; par ce moyen la lime eſt guidée par le vuide des dents

dents comme par une rainure; ainſi le *dos* ou partie non taillée, appuie ſur le côté d'une dent, tandis que la partie taillée lime le côté d'une autre dent: à meſure qu'on lime, il ne faut que faire tourner la lime dans la main pour arrondir & former la courbure.

980. Les dents de la roue de barillet étant faites, on arrondira, par ces mêmes méthodes, & avec les mêmes ſoins, la grande roue moyenne, en ſe ſervant d'abord d'une lime à trois carres pour ôter les angles des dents, & enſuite d'une lime à arrondir bâtarde, & de groſſeur & d'épaiſſeur convenables à pouvoir entrer aſſez avant dans le vuide des dents, pour former les courbures ſelon la profondeur néceſſaire pour l'engrenage. On examinera l'engrenage avec l'outil, ſelon les méthodes preſcrites ci-deſſus, & juſqu'à ce qu'il ſe faſſe uniformément; alors on friſera les pointes des dents; mais pour faire cette opération il faut prendre deux broches à lunettes, (*916*) qui s'ajuſtent ſur le tour, & on percera à chacune à la même diſtance du centre, des trous pour y faire entrer bien juſte les pivots de la grande roue moyenne; on paſſera l'équarriſſoir dans ces trous pour les rendre unis, & que les pivots puiſſent y tourner librement & ſans jeu; on fera rouler les pivots dans ces broches ajuſtées ſur le tour; on mettra de l'huile aux pivots pour adoucir le frottement qu'ils éprouvent par ce roulement, & on tournera les pointes des dents pour les réduire exactement à la même longueur, & rendre la roue parfaitement ronde; enſuite on achevera d'arrondir les dents de la roue avec une lime douce; on terminera le fond des dents & les flancs avec une lime douce à égalir.

981. On arrondira par les mêmes méthodes toutes les roues de l'Horloge, ayant attention de n'en terminer aucune ſans en tourner les pointes, en faiſant rouler les pivots dans des trous de broches à lunettes; & pour la roue de cadran, on fera rouler le canon ſur le pont de la même maniere que nous l'avons expliqué (*963*); & la même choſe pour la roue de chauſſée (*913*).

982. Quant aux roues de cadran, il faut, avant d'en

terminer les dentures, les présenter sur l'outil d'engrenage, pour voir si elles ont la grandeur convenable, pour que l'engrenage de la roue de cadran avec le pignon de renvoi, & de la roue de renvoi avec la chaussée soient également bons; c'est-à-dire, si lorsque l'engrenage des roues de chaussée & de renvoi est au point convenable, celui de roue de cadran n'est pas trop fort, ce qui prouveroit que cette roue est trop grande; ou s'il n'est pas trop foible, ce qui marqueroit que les roues de renvoi *S*, *m* sont trop grandes. Pour vérifier ces engrenages, on prendra la roue de longue tige, & on placera la chaussée sur sa tige; on fera entrer le pont de la roue de cadran sur la chaussée, & la roue de cadran sur son pont; on prendra tout cet assemblage, & on le placera sur les deux broches d'un des côtés de l'outil d'engrenage; ainsi les pointes de la roue de longue tige, s'arrêteront sur les pointes coniques faites à ces broches; on placera sur les deux broches, de l'autre côté de l'outil, la roue de renvoi; on repoussera l'une ou l'autre broche selon leur longueur, pour que la roue de renvoi *S* se trouve vis-à-vis la roue de chaussée *m;* en sorte qu'en faisant approcher les roues l'une de l'autre, elles s'engrenent *en plein.* Si les roues de renvoi & celles de cadran sont de bonne grandeur, il faut que, lorsque l'engrenage de la roue de cadran avec son pignon est à son vrai point, l'engrenage de la roue de chaussée avec celle de renvoi soit aussi à son vrai point; si cela n'est pas, & que ce dernier soit trop foible, on diminuera la roue de cadran jusqu'à ce que les deux engrenages soient bons; & si au contraire l'engrenage des roues de renvoi étant à son point, celui de cadran est trop foible, on diminuera les roues de renvoi en en ôtant sur le tour également de l'une & de l'autre, afin de les conserver du même diametre, chose essentielle pour que l'engrenage soit bon; ou s'il devoit y en avoir une un peu plus petite, il faudroit que ce fût la roue de renvoi qui est menée.

983. Lorsqu'on aura ainsi amené les engrenages des roues de cadran à leurs vrais points, ayant eu attention d'en friser les pointes des dents pour s'assurer de leur rondeur, on adou-

cira leurs dents : on les préſentera de nouveau ſur l'outil ; on ſerrera la vis *V* (*Pl. IV*, *fig.* 2) pour fixer le point de ſes engrenages ; on tournera l'écrou *E*, (518) ; & lorſque les engrenages ſeront à leurs vrais points, on ôtera les roues de deſſus l'outil, mais ayant attention à ne pas déranger la vis *V* & l'écrou *E*, parce qu'il faudra marquer ſur la platine, avec les pointes de l'outil, l'endroit de l'engrenage. Pour cet effet on ajuſtera ſur une des broches l'équerre *E* (*fig.* 3) : on placera la partie *q r* de cette broche ſur l'outil, l'équerre étant en dehors en *p r* (*fig.* 2) ; on fera entrer la pointe conique *p* de cette broche ſur le côté extérieur du trou de la roue de longue tige, fait à la platine des piliers ; on fera deſcendre l'équerre juſqu'à ce qu'elle poſe ſur la platine en même-temps que la pointe de la broche porte ſur le trou ([a]) du pivot de roue de longue tige : cela fait, on abaïſſera l'autre pointe *p s* juſqu'à ce qu'elle poſe ſur la platine ; alors on s'en ſervira pour tracer une portion de cercle *i k* (*Pl. V*, *fig.* 3) à l'endroit où la roue de renvoi doit être placée. Cette portion de cercle marquera le point de diſtance que doit avoir la roue de renvoi du centre de la roue de chauſſée & de la roue de cadran : il ne ſera queſtion, pour fixer entiérement ſa poſition, qu'à déterminer l'endroit de la portion *i k*, où elle doit être placée, & cela doit être donné par le calibre tracé ſur le dehors (*fig.* 3) de la platine des piliers ; mais ſi on ne l'a pas fait, voici ce qui fixe ſa poſition : comme ſa tige traverſe la cage, on aura attention de la placer de maniere qu'elle ne puiſſe toucher ni à la roue de champ *E* (*fig.* 1), ni à la roue de grande moyenne *C* ; mais que cette tige paſſe entre ces deux roues quelque part en *H* : on percera donc bien exactement ſur la portion de cercle *i k* (*fig.* 3), un trou de la groſſeur du pivot *b*. Il faut

[a] Nous avons dit (908), en parlant de la maniere d'énarbrer & mettre en cage la roue de longue tige, qu'après avoir mis libre la roue dans ſes trous de pivots, qu'il falloit y faire des creuſures ou réſervoirs pour l'huile ; mais il eſt à propos de ne faire ce réſervoir (des pivots de la roue de *longue tige*) qu'après qu'on a placé les roues de cadran & marqué les engrenages ; car ſi on ne tient pas l'outil à chanfrein bien perpendiculaire au plan de la platine, on voit que cette creuſure ſe fera excentriquement au trou du pivot ; ainſi lorſqu'on poſera la pointe conique de l'outil d'engrenage ſur ce réſervoir, elle ne ſera pas concentrique au trou du pivot, & par conſéquent on marquera l'engrenage *faux* & différent de ce qu'il eſt ſur l'outil.

que la portion de cercle divise en deux ce trou; car s'il étoit plus en dedans ou plus en dehors, cela changeroit l'engrenage des roues donné par l'outil.

984. Le trou de la roue de renvoi étant percé à la platine des piliers, on appliquera la seconde platine contre le dehors de celle des piliers, ainsi assemblés par les tenons de la seconde; on percera à cette derniere un trou avec le même foret qui a servi à faire celui de la premiere; c'est dans ce trou que doit rouler le gros pivot de la roue de renvoi; on aura attention en perçant ce trou sur celui qu'on aura fait à la platine des piliers, à tenir le foret perpendiculaire à la platine, afin que les deux trous soient *bien percés l'un sur l'autre*, c'est-à-dire, qu'ils coïncident parfaitement; avant de séparer les platines, on passera par ces deux trous un équarrissoir, pour les unir & les faire mieux coïncider: ensuite on séparera les platines & on aggrandira le trou fait à la seconde, en faisant entrer l'équarrissoir par le dedans de la platine, & jusqu'à ce que le gros pivot de renvoi y entre librement; on ôtera les rebarbes, &c. on fera le trou de la platine des piliers assez grand pour que la tige de renvoi puisse y passer librement; alors on remettra la roue de longue tige dans la cage que l'on arrêtera par des goupilles; on placera la chaussée sur sa tige; on attachera le pont de la roue de cadran sur la platine avec ses deux vis; on mettra la roue de renvoi à sa place, & enfin la roue de cadran sur son pont: ainsi, si l'on a bien opéré, & si l'outil d'engreñage est bon, ces engrenages doivent se retrouver de même qu'ils étoient sur l'outil. Mais avant de pouvoir en juger parfaitement, il faut faire le coq ou pont *p* (*fig.* 3), dans le bout duquel doit rouler le petit pivot de la roue de renvoi.

985. Pour faire ce pont, on prendra du laiton non écroui, qui ait environ $\frac{3}{4}$ de ligne d'épaisseur, six lignes de large, & environ vingt lignes de longueur, afin qu'étant plié d'équerre en *p q*, & plié encore de nouveau en *q s*, pour former la traverse *q s*, celle-ci soit assez longue pour que la roue *S* passe en dessous: on peut voir la forme de ces sortes de ponts ou coqs, (*Planche XXVII*, *fig.* 4) représentée en *M*.

986. Pour plier le coq, on attache la partie ou base *p q* à l'étau, & avec le marteau on le plie d'abord d'équerre en *q* : cela fait, on attache la partie *q s* à l'étau, en donnant au montant *q* la hauteur dont le pivot de renvoi est élevé au-dessus de la platine, & on le plie d'équerre ; ensuite on écrouit toutes les parties du coq, ayant attention que le montant ne s'éleve qu'à la hauteur du pivot ; quand cela est fait, on dresse le coq à la lime par sa base & par tous ses côtés, & on perce en *s*, un trou de la grosseur du petit pivot de renvoi ; on perce ensuite le trou à la base pour la vis *t*, qui doit fixer le coq avec la platine ; ce trou étant percé, on serre avec des tenailles à vis le coq sur la platine, de façon que la roue de renvoi tourne librement, que son plan soit parallele à la platine, & que les engrenages soient à leurs points. Alors par le trou de la base du coq, on perce un trou à la platine pour y passer la vis ; on taraude ce trou, & on fait la vis : cela étant ainsi préparé, il faut aggrandir le trou du coq pour qu'il soit plus gros que la vis, afin de pouvoir un peu avancer ou reculer la roue de renvoi contre celle de cadran, & former par ce moyen les engrenages : on aggrandira aussi pour les mêmes raisons le trou de la platine des piliers à travers lequel passe la tige de renvoi, & pour empêcher que cette tige ne touche au trou, ce qui causeroit un frottement préjudiciable. Quand cela sera fait, on replacera la roue de renvoi ; on attachera le coq sur la platine ; on serrera la vis, & on conduira le coq jusqu'à ce que les engrenages soient à leurs points, & que la roue de renvoi soit droite en tout sens, c'est-à-dire, que son plan soit parallele à la platine ; mais s'il arrivoit que les engrenages étant bons, la roue ne fût pas droite, c'est-à-dire, que son axe ne fût pas parallele à celui de longue tige, ce seroit une preuve que l'on auroit mal percé les trous des platines pour la roue de renvoi ; & dans ce cas, il faudroit reboucher le trou fait à la seconde platine, & le percer plus près ou plus loin du centre de la roue de longue tige, selon qu'il en seroit besoin, pour que la roue de renvoi étant droite, les engrenages fussent bons.

987. Quand on aura ainsi placé la roue, on percera les trous, 1 & 2, à l'extrémité des angles de la base; ces trous traverseront le pied du coq & la platine, afin d'attacher des tenons pour fixer le coq après la platine: pour percer ces trous, on prendra un foret qui ait $\frac{1}{2}$ ligne de grosseur; ensuite on passera l'équarrissoir à travers ces deux trous; on levera le coq, & on chassera sur la base du coq deux tenons, dont les bouts saillant en dessous, serviront à fixer la position du coq, & convenablement aux engrenages; ainsi il ne pourra tourner d'aucun sens pour rendre la roue mal droite; pour cela il faut que les pieds entrent bien juste dans les trous de la platine.

988. On observera en général en perçant les *pieds* ou tenons d'une piece quelconque, qu'il faut les placer le plus loin de la vis qu'il se peut, afin d'empêcher le mouvement que la piece prendroit sans cela; c'est pour la même raison qu'il faut tenir les bases fort longues, & au moins aussi distantes de la vis que l'est le trou que cette piece porte: ainsi dans le coq en question, il faut tenir le bout *q s*, seulement de la longueur propre à laisser passer la roue en dessous, & on doit placer la vis le plus près qu'il se peut du coude *q*, afin que la base *p* soit plus longue, & que les pieds 1, 2 soient plus distants de *t* que ne l'est le trou *s*: on doit faire usage de la même observation pour les pieds qu'on place aux ressorts; il faut les éloigner de la vis autant qu'il est possible, alors ils éprouvent moins d'effort, & sont par conséquent plus solides, en sorte qu'ils ne fléchissent pas.

989. Les roues de cadran ainsi posées, on limera le devant du trou *s* du coq, jusqu'à ce qu'on puisse sortir la roue de cadran de sa place sans être obligé de lever le coq.

990. A propos des roues de cadran, nous avons oublié, lorsque nous avons parlé du calibre, d'observer que la roue de cadran doit être plus grande que celle de longue tige, par la raison que la tige de renvoi devant traverser la cage, si ces deux roues étoient de même grandeur, la tige de renvoi toucheroit à la roue de longue tige. Pour prévenir cet inconvénient, on aura l'attention, lorsqu'on tracera le calibre, de donner

environ une ligne de plus au diametre de la roue de cadran qu'à celui de la roue des minutes.

991. Pour achever ce qui concerne le rouage, on fera d'abord fur l'outil l'engrenage du barillet avec fon pignon, avec les précautions indiquées : on ôtera la roue de barillet & celle de grande moyenne de deffus l'outil, & on tracera fur le dedans de la feconde platine une portion de cercle à l'endroit approchant où cette roue doit être placée ; on fera pour cet effet pofer la groffe pointe de l'outil, qui porte l'équerre, fur le trou de pivot de l'arbre de barillet, & avec l'autre pointe on tracera le trait en queftion ; on placera la roue de grande moyenne fur l'outil, ainfi que la roue de longue tige, afin de former l'engrenage de fon pignon avec la grande roue moyenne. Quand cela fera fait & l'outil fixé, on ôtera les roues de deffus l'outil ; on fera pofer la pointe qui porte l'équerre fur le trou de pivot de la roue de longue tige du côté du dedans de la feconde platine, & avec l'autre pointe on tracera une portion de cercle qui coupera la portion de cercle tracée pour l'engrenage du barillet avec le pignon de grande roue moyenne ; ainfi, la fection de ces deux cercles marquera l'endroit convenable pour les deux engrenages ; on percera donc bien jufte par cette fection un trou un peu plus petit que le plus petit pivot de grande roue moyenne. On appliquera les deux platines l'une contre l'autre pour percer les trous l'un fur l'autre, en fe fervant du même foret que l'on a employé pour le trou fait à la feconde platine ; on paffera un équarriffoir pour unir & faire coïncider parfaitement ces deux trous : après avoir défaffemblé les platines, on aggrandira le trou de chacune jufqu'à ce que les pivots y entrent librement, chacun à chacun ; favoir, celui du côté de la roue, dans le trou de la feconde platine, & l'autre pivot dans le trou fait à la platine des piliers.

992. Lorfqu'on aura mis la grande roue moyenne en cage & qu'elle tournera librement, on examinera d'abord l'engrenage de barillet avec fon pignon, & enfuite l'engrenage de la grande roue moyenne avec le pignon de longue tige : fi l'on a bien opéré, & que l'outil foit bon, on retrouvera chacun de

ces engrenages tels qu'on les a faits ſur l'outil avant de les marquer ſur la platine.

993. Mais ſi l'outil n'eſt pas parfaitement juſte, on ſera obligé d'aggrandir les trous des pivots, de les reboucher, de recommencer de nouveau à former les engrenages ſur l'outil, & de les marquer ſur le dedans de la ſeconde platine comme la premiere fois; mais au lieu de percer exactement par la ſection des traits du compas, on jettera le trou un peu en dehors des deux portions de cercle, ſi l'outil rend l'engrenage trop fort, ou un peu en dedans; s'il le rend trop foible, avec cette précaution, on ſe ſervira de l'outil avec la même facilité que s'il étoit parfait: on percera donc les trous aux platines, & on mettra la roue en cage, & on verra ſi les engrenages ſont bons; ſi cela eſt, on ſaura la quantité dont on doit écarter le trou en dehors ou en dedans du trait tracé par l'outil: ainſi à chaque fois qu'on ſe ſervira de l'outil, on aura attention d'écarter le trou de la même quantité.

994. On évitera tout cet embarras ſi l'on veut ſe donner la peine de vérifier la juſteſſe de l'outil & de le corriger. Pour cela on examinera d'abord chaque broche *p q*, (*Pl. IV, fig.* 2), que l'on mettra ſur le tour, afin de voir ſi les pointes coniques ſont concentriques à la broche; ſi cela n'eſt pas, il faudra faire de nouvelles pointes, ſelon la méthode indiquée pour les pignons (890 & 891); & pour centrer les pointes coniques, on fera un foret angulaire que l'on preſſera contre le point conique pour le mettre au milieu de la broche: les deux extrémités de la broche ainſi centrées, on verra ſi elles tournent rond dans toute leur longueur; ſi cela n'eſt pas, il faudra les dreſſer en les frappant avec un marteau (la broche ſoutenue ſur une maſſe de plomb), opération qu'il faudra faire avec précaution pour ne pas caſſer ces broches qui doivent être d'acier trempé: pour vérifier encore mieux ces broches, il faudra prendre un calibre à pignon, afin de voir ſi elles ſont de même groſſeur dans toute leur longueur, c'eſt-à-dire, ſi elles ſont parfaitement cylindriques: ſi cela n'eſt pas & qu'elles n'entrent pas fort juſte dans leurs trous, le mieux ſera de faire

faire de nouvelles broches que l'on tournera (après être trempées) de grosseur convenable, bien cylindriques, & avec des pointes & points coniques bien faits. Lorsqu'on aura rétabli les broches, on les mettra sur l'outil en les y fixant par le moyen des vis, 1, 2, 3, 4. On fixera de même l'ouverture de l'outil au moyen de la vis *V*, (la grandeur de cette ouverture est arbitraire pour la vérification actuelle). On prendra une des platines de l'Horloge. On mettra l'équerre sur une des broches; & avec l'autre on tracera sur la platine un trait bien léger. On fera descendre les broches selon leur longueur (& sans déranger l'ouverture de l'outil), jusqu'à ce que les bouts *q* soient au raz du dedans de la poupée; on tracera légérement un trait près du premier que l'on a tracé sur la platine, & du même centre; si ces deux traits se confondent parfaitement, c'est une preuve que les trous des poupées sont percés bien parallelement: on ôtera l'équerre, & on la placera sur l'une des broches de l'autre bout de l'outil; & on vérifiera de la même manière le parallélisme des broches: si elles sont paralleles entr'elles, il faut que les traits tracés par les pointes de ce bout de l'outil se confondent avec le premier trait tracé avec les autres, & quoique l'on fasse monter & descendre ces broches dans leurs poupées; si elles ne sont pas paralleles, il faudra serrer les montants de l'outil à l'étau, afin de les ramener, en forçant & appuyant selon qu'il est besoin. On vérifiera le parallélisme des broches par une autre méthode fort simple: on fera entrer les pointes des quatre broches sur le dedans de l'outil, & on les fera approcher les unes des autres, de sorte qu'elles soient prêtes à se toucher. On serrera les vis, 1, 2, 3, 4, & alors ces pointes doivent se présenter parfaitement les unes sur les autres dans tous les sens, & quoiqu'on fasse monter l'une & descendre l'autre; sinon, c'est une preuve que les trous des poupées ne sont pas paralleles; on le corrigera donc en conséquence, & avec de grands soins; car rien n'est plus utile & commode que d'avoir un outil d'engrenage qui soit parfait.

995. Pour revenir à nos engrenages, après qu'on aura mis la grande roue moyenne en cage, & de sorte que les deux en-

grenages ſoient bons, on prendra le foret à chanfrein pour faire les creuſures ou réſervoirs de l'huile : on fera ces creuſures juſqu'à ce qu'elles atteignent juſte les bouts des pivots, afin de conſerver l'épaiſſeur convenable aux trous pour le roulement des pivots.

996. On fera ſur l'outil l'engrenage de la roue de longue tige avec le pignon de champ, & on marquera ſur le dedans de la platine des piliers, un trait avec une des pointes de l'outil, tandis que l'autre poſe ſur le trou de la roue de longue tige ; on tracera une ligne qui prolongée paſſe par le milieu de ce trou & de celui de barrillet, ce qui déterminera la poſition de la roue de champ (718) : on percera donc un trou par l'interſection de cette ligne & du trait fait avec la pointe de l'outil d'engrenage ; ce trou ſera fait avec un foret un peu plus petit que le plus petit pivot de la roue de champ ; on aſſemblera les deux platines, au moyen des tenons de la ſeconde, & on percera les trous l'un ſur l'autre avec le même foret ; on aggrandira le trou fait à la platine des piliers, juſqu'à ce que le pivot du côté du pignon de la roue de champ y entre librement ; on en fera autant de l'autre pivot avec la ſeconde platine ; & après avoir mis la roue libre & bien d'engrenage avec la roue de longue tige, on formera les réſervoirs pour l'huile des pivots de cette roue.

997. On obſervera que, pour éviter l'erreur qui pourroit réſulter des trous percés mal droits aux platines, qu'il faut toujours les percer par le dedans des platines, en commençant par la platine contre laquelle le pignon approche le plus ; ainſi on marquera avec l'outil les traits pour l'engrenage, tantôt ſur le dedans de l'une ou de l'autre platine, ſelon que l'engrenage ſe fait près de l'une ou l'autre de ces platines ; & c'eſt pour cette raiſon que lorſqu'il a été queſtion de l'engrenage de la grande roue moyenne avec le pignon de longue tige, & du barillet avec le pignon de grande roue moyenne, que j'ai dit qu'il falloit tracer les traits ſur le dedans de la ſeconde platine, ces engrenages ſe faiſant fort près de cette platine : on voit par cette précaution, que quand même les trous ne

feroient pas percés parfaitement droits l'un fur l'autre, que celui du côté de l'engrenage changeroit fort peu, & que par conféquent l'engrenage feroit bon; à la vérité la roue dans ce cas feroit mal droite en cage, mais cela n'eft pas de la même conféquence.

998. On fera l'engrenage de la roue d'échappement, & on le marquera fur le dedans de la feconde platine à caufe que l'engrenage fe fait de ce côté; & comme cette roue doit être fur la ligne prolongée qui paffe par le centre du barillet & par le milieu de la cage, on tirera une ligne en dedans de la feconde platine, & on percera par fon interfection avec la portion de cercle de l'engrenage, un trou avec un foret un peu plus petit que les pivots de la roue d'échappement; on percera ces trous l'un fur l'autre, & on les aggrandira pour y faire entrer les pivots, celui du côté du pignon dans le trou de la feconde platine, & l'autre dans celui de la platine des piliers : on mettra la roue libre, & on fera les réfervoirs pour l'huile en leur donnant pour profondeur, felon la règle prefcrite, d'aller joindre le bout des pivots.

999. Les engrenages du mouvement étant finis, & les roues mifes en cage, on fera ceux du rouage de répétition. On commencera par celui de la première roue *L* avec le pignon de la feconde, lequel étant fait fur l'outil, on le tracera fur le dedans de la feconde platine; & pour donner à cette roue la même pofition que celle qu'elle a dans le calibre, on prendra avec un compas la diftance du centre de cette roue, jufqu'à celui de la roue de minutes, ce qui eft marqué fur le dehors de la platine des piliers (735); on portera cette diftance fur le dedans de la feconde platine, en mettant une pointe du compas dans le trou du pivot de la roue de minutes, & traçant de l'autre une portion de cercle qui coupe celle que l'on a tracée pour l'engrenage; par l'interfection de ces deux cercles, on percera un trou de la groffeur du pivot de la feconde roue; on affemblera les platines par leurs tenons, afin de percer les trous de la feconde roue l'un fur l'autre; on aggrandira ces trous pour y faire entrer librement les pivots; celui du côté

du pignon dans le trou de la feconde platine, & le fecond dans celle des piliers ; on fera les creufures pour l'huile, fi l'engrenage eft bon ; finon, on le recommencera.

1000. On fera enfuite fur l'outil l'engrenage de la feconde roue avec le pignon *g*, qui porte la roue de volant *N* ; on tracera le trait avec l'outil fur le dedans de la platine des piliers ; & pour achever de déterminer la pofition de cette roue comme elle eft fur le calibre en dehors de la platine des piliers, on prendra avec un compas la diftance du trou de la roue de longue tige (ou de la grande roue moyenne pour avoir une portion de cercle qui traverfe à peu-près à angle droit le trait de l'engrenage) ; & on portera au-dedans de la platine cette diftance, en pofant la pointe du compas fur ce même trou qui a fervi à la donner ; par l'interfection, on percera un trou de groffeur convenable pour pouvoir l'aggrandir un peu afin d'y faire entrer le pivot ; on percera les trous l'un fur l'autre, & on mettra la roue libre en cage : on fera les réfervoirs pour l'huile.

1001. On fera l'engrenage du pignon de volant avec la roue *N*, & on le mettra en cage ; on aggrandira le trou du pivot de volant fait à la platine des piliers, & de forte qu'il ait une ligne $\frac{1}{2}$ de groffeur ; on fera entrer à frottement dans ce trou un bouchon de cuivre (*D*, *fig.* 3) tourné bien rond, & fur le bout duquel on percera en dedans de la platine un trou diftant d'un quart de ligne du centre du bouchon ; ce trou fervira à y faire rouler le pivot de volant ; ainfi en tournant ce bouchon on changera la vîteffe du rouage (720) : on appelle ce bouchon *D l'excentrique*.

III. *Tracer le Plan de la Cadrature de Répétition.*

1002. AVANT de travailler à l'exécution des pieces de cadrature, il faut premiérement en tracer le plan ou calibre fur un carton, & enfuite fur le dehors de la feconde platine. Nous allons donner quelques règles à fuivre pour les dimenfions des pièces de la répétition, enfuite nous traiterons de la main d'œuvre de ce méchanifme.

1003. Nous fuppofons que la defcription que nous avons

donnée d'une répétition (Ch. VI & VII), a pu suffisamment instruire de son méchanisme pour n'être pas obligé de le rappeller; ainsi nous parlons ici aux amateurs qui ont lu & entendu la première partie de notre ouvrage.

1004. On tracera sur un carton un trait de compas qui soit juste de la grandeur des platines, (il représentera le dehors de la seconde platine); on posera le dedans de la seconde platine sur ce carton, ensorte que les centres coïncident, & on marquera avec une pointe (sur le carton) le milieu juste des trous; 1°, de la première roue de sonnerie; 2°, du pivot de la roue de renvoi; & 3°, du barillet. On ôtera la platine de dessus le carton; on tirera un trait avec un crayon qui passe par le milieu de la platine & par le trou de barillet, afin de pouvoir représenter le haut de la cage & l'endroit où le coq d'échappement (*A*, *fig.* 2) doit être posé; & pour en ménager la place on tracera au crayon le coq comme il est dans la figure; il doit être placé à l'extrémité de la platine, à cause que les roues *E*, *F* (*fig.* 1), étant sur la même ligne, l'ancre *A* doit être en dehors de la roue *F*.

1005. La première pièce de la cadrature qu'il faut tracer est la poulie *P* (*fig.* 2), que l'on tiendra la plus grande qu'il sera possible par deux raisons. La première, c'est que le tirage du cordon pour faire répéter, agissant sur un plus grand rayon, en sera plus doux. La seconde, c'est que les chevilles que cette poulie doit porter pour régler les quarts étant plus distantes entr'elles, le doigt *D* en sera plus fort, & que les effets de ces chevilles, pour arrêter le rouage, seront plus assurés; mais on observera que la grandeur de cette poulie est limitée par la tige qui porte le marteau *f*, *l*, qui doit passer à côté de la poulie, & que la position de cette tige dépend de la grandeur de la roue des chevilles *G* (*fig.* 1), & de la longueur des bascules *m*; ainsi il faut premiérement déterminer la distance du centre *i* de ces bascules jusqu'aux chevilles; on pourra prendre pour règle que la longueur de la bascule *i m* doit être distante du cercle des chevilles, de l'intervalle d'une cheville de la roue *G*; ainsi, pour régler la position de cette bascule,

il faut d'abord divifer la roue des chevilles ; ce que l'on exécutera de la manière fuivante.

1006. On fera fur le tour un trait de burin bien fin qui foit dans le milieu jufte de la largeur du champ, fur le côté extérieur de la roue ; on divifera, avec un bon compas, ce cercle ou trait, d'abord en quatre parties, & on fubdivifera chacune de ces parties en quatre ; ainfi toute la circonférence de la roue fera divifée en feize parties ([a]) : on percera douze trous avec un foret qui ait $\frac{1}{4}$ de ligne de groffeur : & comme les quarts doivent frapper après les heures, en laiffant un intervalle d'une cheville pour diftinguer les quarts des heures (722), on fautera une divifion ; enfuite on percera trois autres trous avec le même foret pour les chevilles des quarts : mais pour percer ces trois derniers trous, il faut prendre garde au côté dont la roue tourne pour faire frapper le marteau, afin que l'intervalle fuive la derniere cheville des heures ; cela eft indiqué par le tirage du cordon & par le rochet *R* ; c'eft-à-dire que, pour élever le marteau, la roue des chevilles tourne de *m* en *G* ; ainfi l'intervalle entre les heures & les quarts eft fitué devers *G*, & les chevilles 1, 2, 3 repréfentent celles qui font frapper les quarts.

1007. La roue des chevilles ainfi divifée, on prendra avec le compas la diftance du cercle des chevilles au centre de la roue ; on tracera un trait de cette grandeur fur le carton ; on prendra de même avec le compas l'intervalle d'une cheville à l'autre, c'eft-à-dire la feizième partie de la circonférence, que l'on ajoutera au rayon du cercle des chevilles ; c'eft ce qui donnera la diftance du centre des bafcules au centre de la roue de cheville : on tracera une portion de cercle fur le bord du carton qui repréfente celui de la platine ; on marquera l'endroit où doit être pofée la bafcule qui doit être placée affez près du bord pour que l'affiette *f* (*fig.* 2.) du marteau ne *déborde* pas

([a]) Nous avons (722) dit qu'il falloit divifer la roue des chevilles en dix-fept parties ; mais nous préférons de ne le faire qu'en 16, parce que cela eft plus commode à divifer au compas, & que d'ailleurs les chevilles font plus diftantes entr'elles, ce qui facilite le jeu des bafcules.

la platine : on aura donc par-là le diametre de la poulie que l'on fera de grandeur à paſſer à côté de la tige de la baſcule qui porte le marteau *f l*, en laiſſant une ligne d'intervalle depuis le centre de la baſcule juſqu'à la poulie pour l'épaiſſeur du canon *f* de la branche du marteau.

1008. Pour trouver la grandeur convenable à donner au limaçon des heures *L* (*fig.* 2), il faut obſerver qu'il doit être formé par douze renfoncements ou degrés, qui pour être faciles à exécuter, doivent être dans une pièce de la grandeur de celle en queſtion, de demi-ligne chacun, ce qui donnera déja ſix lignes pour le rayon de ce limaçon; mais comme le degré le plus enfoncé ne peut pas aller juſqu'au centre à cauſe de l'épaiſſeur du canon ſur lequel il doit être fixé pour ſe mouvoir, il faudra ajouter pour cela deux lignes $\frac{1}{2}$; c'eſt-à-dire, que ce limaçon devra avoir huit lignes $\frac{1}{2}$ de rayon, ou dix-ſept lignes de diametre. On tracera donc ce cercle ſur le carton, en le faiſant approcher à environ deux lignes de diſtance du centre du trou du gros pivot de renvoi, & diſtant du centre de la poulie, comme on le voit dans la deuxième figure; on pourroit bien l'en écarter davantage, mais cela obligeroit à tenir le bras *b* du rateau plus long, & par conſéquent plus ſujet à fléchir; & ſi on l'approchoit du centre de la poulie plus qu'il n'eſt dans la figure, on courroit le riſque que la barrette *r* du rateau vînt appuyer ſur le premier pas du limaçon lorſque le bout *b* va poſer ſur le douzième pas pour faire répéter douze heures.

1009. La poſition & la grandeur du limaçon des heures étant déterminées, on pourra trouver le diametre du pignon *a* ſur lequel doit être rivée la poulie, & on pourra marquer la poſition du rateau. Pour trouver le diamettre du pignon, il faut obſerver que l'enfoncement des douze degrés du limaçon étant de ſix lignes, il faut que la groſſeur du pignon *a* ſoit telle que pendant que le bout *b* parcourt ſix lignes, la roue des chevilles avance de douze chevilles : or comme les douze chevilles occupent les trois quarts de la circonférence de la roue, ſix lignes devront auſſi occuper les $\frac{3}{4}$ de la circonférence

du pignon ; ainsi la circonférence du pignon devra être de huit lignes, & par conséquent d'environ deux lignes $\frac{8}{12}$ de diametre, en supposant que le bras *b* a le même rayon que le rateau ; mais comme il est plus petit, il faudra augmenter le diametre du pignon à proportion de cette différence, & d'autant plus que l'engrenage avec le rateau ne se fait pas à l'extrémité des dents, mais environ aux $\frac{2}{3}$ de leur longueur prise du centre ; ainsi on pourra donner quatre lignes de diametre au pignon, sans craindre que les pas du limaçon different sensiblement de la profondeur proposée : d'ailleurs quand même cela différeroit un peu, cela ne pourroit causer aucun obstacle ; car si pour l'espace que les douze chevilles pour les heures font parcourir au bras *b* du rateau, celui-ci parcouroit un peu plus ou un peu moins de six lignes on en seroit quitte, en taillant le limaçon, pour l'enfoncer un peu plus ou un peu moins, ce qui n'en changeroit pas la justesse ; mais il étoit à propos d'établir une règle pour fixer à peu près les limites de son enfoncement, afin de n'être pas obligé de recommencer & d'aller en tâtonnant.

1010. Le diametre du pignon étant donné, on le tracera sur le carton ; ensuite on déterminera la position du rateau de la maniere suivante. Il faut que le bras *b* du rateau soit dirigé au centre du limaçon, & que les dents du rateau passent à côté de la tige du marteau *f l*, en y réservant la place pour le jeu de la cheville *o* qui vient poser sur le *tout-ou-rien*. On changera donc l'ouverture du compas jusqu'à ce qu'il remplisse ces conditions, & en anticipant sur le trait du pignon de la quantité requise pour l'engrenage ; mais il faut remarquer que le rayon du bras *b* doit être le dedans du champ *n r*, réservé assez large pour être solide ; car si on donnoit au bras le même rayon qu'aux dents, comme ce bout *b* doit être étroit pour pouvoir aller poser sur les degrés du limaçon qui sont près du centre, & qui ne forment que de petites portions de cercle, il faudroit l'entailler en dedans, ensorte que le talon que cela formeroit viendroit poser sur le pas 1 du limaçon lorsqu'il avance devers *e* pour donner les douze heures ; cette disposition

empêcheroi

empêcheroit au bras *G* de pénétrer jufqu'au fond du limaçon. On tracera donc le rateau à peu-près comme il eft dans la figure 2.

1011. La groffeur du pignon *a* détermine la place qui refte jufqu'au bord de la poulie pour y placer les quatre chevilles qui arrêtent le rouage après qu'il a fait frapper l'heure & le quart qu'il eft : or cet efpace règle la grandeur du limaçon des quarts, & les dimenfions de la pièce des quarts *Q* & du doigt *D*. Je fuppofe donc que cet efpace de la poulie eft de fix lignes ; on n'en comptera que cinq à caufe de la place de la cheville du bord de la poulie qui doit prendre le doigt en dehors pour ne pas arcbouter fur la pointe ; on donnera une ligne à chaque degré du limaçon des quarts, ce qui eft fuffifant : il y en a trois ; ainfi le rayon du limaçon doit être d'abord de trois lignes ; & comme il faut autour du canon fur lequel il eft rivé, une certaine largeur, on lui donnera en tout cinq lignes de rayon ou dix lignes de diametre ; on tracera donc un cercle qui ait dix lignes de diametre fur le carton, ce qui repréfentera le limaçon des quarts.

1012. Maintenant, pour avoir la pofition & les dimenfions de la pièce des quarts & du doigt, on obfervera que le bout *Q* doit fe diriger au centre du limaçon des quarts, & que le centre de mouvement *i* doit être placé affez en dehors du cercle du limaçon des quarts, pour que celui-ci ne puiffe, en tournant, toucher à l'affiette *i* ; & par rapport aux dimenfions, il faut que la longueur du doigt *i q* foit à celle du bras *i k*, comme cinq eft à trois ; c'eft-à-dire que pendant que le bout *k* parcourra les trois enfoncements du limaçon des quarts, le bout *q* du doigt parcourra l'efpace qu'il y a du dehors du pignon jufqu'à la dernière cheville de la poulie.

1013. Pour tracer le *tout-ou-rien T V o*, il n'y a aucune difficulté ; car la partie *V* eft donnée, puifque c'eft en *V* qu'eft le centre du limaçon des heures ; le bout *o* eft pareillement donné par la pofition de la cheville *o* de la bafcule. Il n'y a que le centre de mouvement *T* du *tout-ou-rien* qu'il faut rapprocher le plus qu'on pourra du limaçon des quarts, afin que fa direc-

tion soit très-près d'être perpendiculaire au mouvement du rateau, ce qui rend le mouvement du *tout-ou-rien* le plus facile.

1014. On fera l'étoile de même grandeur que le limaçon des heures; ainsi elle est toute tracée, puisqu'elle a le même centre de mouvement que le limaçon.

1015. On marquera le sautoir en lui donnant la position qu'il a dans la figure 2.

1016. On marquera de même la position du marteau *t m*, comme il est dans la figure 2.

1017. Les ressorts seront placés comme dans la figure. Nous indiquerons ci-après, en parlant de la main-d'œuvre, les précautions qu'il faut y apporter.

1018. La disposition des pièces de la répétition ainsi donnée sur le carton, on les tracera sur le dehors de la seconde platine, & avec les mêmes précautions. On auroit pu se dispenser de les tracer sur un carton, & le faire tout de suite sur la platine; mais il y a des personnes à qui cela est plus commode, parce qu'en traçant ainsi sur le carton, elles peuvent mieux représenter les pièces & leurs effets.

IV. *De la main-d'œuvre de la Cadrature & autres parties d'une Répétition.*

1019. Il faut d'abord commencer par ébaucher toutes les pièces de la cadrature. Pour faire le rateau, on prendra du laiton qui ait une ligne $\frac{1}{2}$ d'épaisseur : on l'écrouira bien dur; & avec une petite scie, on le découpera pour lui donner à peu-près la figure qu'il a dans le calibre, en le laissant cependant plus large dans toutes ses parties; on percera le centre *u* avec un foret qui ait environ deux lignes de grosseur. On limera bien plan ce rateau des deux côtés, & on l'adoucira ensuite par son centre; on tracera un trait de compas bien fin pour terminer la portion qui doit former la circonférence des dents, & selon le rayon du calibre; on limera bien exactement cette portion selon le trait de compas, afin que les dents étant faites, elles ayent le même rayon : on pourroit pour

plus de perfection mettre ce rateau ſur un arbre à vis, & tourner cette portion de cercle ; mais il faut ſavoir bien tourner & tenir le burin très-fixe.

1020. Pour faire le limaçon des heures, on prendra un morceau de laiton qui ait une ligne $\frac{1}{2}$ d'épaiſſeur, & de la grandeur du trait marqué ſur le calibre : on écrouira ce morceau de laiton pour le réduire à $\frac{3}{4}$ de ligne d'épaiſſeur ; on le tournera ſur un arbre à vis dont la portée ait deux lignes ; & comme ſi on devoit en faire une roue, on le réduira à la grandeur marquée ſur le calibre ; on le tournera de même ſur ſes côtés ; on le limera bien plan ſelon les traits de burin qui terminent le bord des côtés.

1021. Pour former les degrés des limaçons, il eſt néceſſaire de tenir le limaçon entiérement rond & de la grandeur du plus grand degré : nous verrons ci-après comment on doit tracer & former ces degrés.

1022. On prendra, pour faire l'étoile, une plaque de laiton qui ait une ligne d'épaiſſeur, que l'on réduira au marteau à $\frac{1}{2}$ ligne ; on la tournera ſur le ſecond arbre à vis bien ronde, de la grandeur du trait du calibre, & droite par ſes côtés : on la limera bien plane, & ménageant les traits de burin du bord pour la conſerver d'égale épaiſſeur.

1023. Si on a une machine à fendre, il ſera facile de fendre l'étoile, c'eſt-à-dire, d'en former les rayons, ce que l'on fera avec une fraiſe angulaire faite exprès pour cela, ou bien avec une fraiſe mince ; qui au lieu de paſſer par le centre du taſſeau eſt miſe de côté, de façon à donner l'inclinaiſon que l'on voit dans la figure ; on fait de cette manière douze fentes : enſuite on démonte la plaque de deſſus le taſſeau ; on la met de l'autre côté, & on l'arrête avec l'écrou du taſſeau, enſorte que la fente déja faite ſoit tout près de la fraiſe avec un petit intervalle qui doit former l'extrémité du rayon, dont une ſeconde fente avec la fraiſe formera le deuxième côté : on fera ainſi douze fentes, & on coupera le vuide des dents.

1024. Mais ſi l'on n'a pas de machine à fendre, on diviſera le bord de la plaque avec un compas, traçant pour cela

un petit cercle tout près du bord : on divisera donc ce cercle en douze parties bien égales ; & par ces points de divisions on tirera douze diametres ou vingt-quatre rayons, ce qui marquera les douze pointes des dents. Pour tracer les côtés des dents, on tirera des lignes, qui au lieu de passer diamétralement par le centre, passeront à côté de toute la quantité d'une dent : ainsi pour tirer le trait pour former le côté 4 de la dent *E*, on fera passer la règle sur la pointe *x*, & sur celle *E*, & on tirera une ligne de *E* en *x*, ce qui fera les côtés de deux dents ; ainsi faisant la même opération sur les douze dents, on aura une étoile qui sera exactement de la figure de celle *E* qui a été dessinée d'après cette règle. On limera l'intervalle des rayons que l'on a tracés en allant bien juste jusqu'aux traits. Cette figure de l'étoile est la plus convenable à l'effet qu'elle doit produire ; car il faut que les dents soient assez enfoncées pour permettre le jeu de la vis *c* qui doit la faire avancer à chaque tour du limaçon des quarts de la moitié de l'intervalle d'une dent (le valet *Y* acheve le reste) ; or pour cela il faut que cette vis pénetre un peu en avant les dents de l'étoile, lors sur-tout que la vis *c* est placée près du centre *s* du limaçon des quarts ; & il faut d'un autre côté que les dents de l'étoile ne soient pas trop enfoncées, par la raison qu'immédiatement après qu'un rayon de l'étoile est parvenu à l'angle du sautoir, il faut que la dent prochaine pose sur le derriere de la vis *c*, afin que le mouvement du valet fasse avancer la surprise : or si les rayons de l'étoile étoient beaucoup dégagés, il faudroit que cette vis *c* fût très-grosse, ou bien qu'on plaçât, au lieu de la vis, deux chevilles assez distantes entr'elles, ce qui n'est pas toujours possible ; mais on évitera les obstacles en donnant aux rayons de l'étoile les dimensions que nous venons d'indiquer.

1025. On prendra pour le *tout-ou-rien*, du laiton qui ait un peu plus d'une ligne d'épaisseur ; on l'écrouira bien dur, & on lui donnera à peu-près la figure marquée sur le calibre en le laissant plus large, réservant à le terminer qu'il soit posé & qu'on lui ait fait produire ses effets.

1026. La pièce des quarts *i Q*, doit être de cuivre ou de laiton. On prendra, pour la faire, du laiton qui ait une ligne d'épaiſſeur, on l'écrouira, & on lui donnera la figure indiquée par le calibre, en réſervant autour du centre *i* aſſez de largeur pour y river le canon qui doit la porter : on percera le centre *i*, avec un foret qui ait environ deux lignes de groſſeur ; on tracera de ce centre le bras *k* de la longueur donnée pour ſe diriger au centre du limaçon des quarts.

1027. Le doigt *i q*, doit être fait avec de l'acier qui ait demi-ligne d'épaiſſeur ; on percera ſon centre *i*, avec un foret qui ait deux lignes de groſſeur, afin de ſervir à y fixer l'aſſiette qui doit rouler ſur le canon de la pièce des quarts ; on limera le doigt ſelon la figure marquée ſur le calibre.

1028. On prendra, pour le limaçon des quarts, du laiton qui ait $\frac{3}{4}$ de ligne d'épaiſſeur, que l'on réduira à demi-ligne au marteau ; on lui donnera la grandeur marquée ſur le calibre, en le tenant rond comme ſi on devoit faire une roue : on prendra du même laiton, pour la ſurpriſe *c*, *s* ; on la tiendra ronde, & de même grandeur que le limaçon des quarts, c'eſt-à-dire, dix lignes (1011) de diametre ; on tournera, ſur le petit arbre à vis, le limaçon & la ſurpriſe, l'un & l'autre parfaitement ronds & de même grandeur ; on les tournera de même ſur le côté, pour les rendre d'égale épaiſſeur ; enſuite, on les limera bien plans, ſelon les traits de burin qui terminent les côtés.

1029. La poulie *P* eſt formée de trois pièces, de deux plaques pareilles à *P*, qui forment les deux côtés de la rainure pour le cordon, qui doit entourer la poulie ; & d'une troiſième plaque de l'épaiſſeur du cordon, & qui étant plus petite que les deux premieres, forme le fond de la rainure. Ces trois plaques ſont fixées enſemble par des chevilles rivées. On pourroit faire la poulie d'un ſeul morceau de laiton, qui eût aſſez d'épaiſſeur, pour y former la rainure du cordon ; mais on a plutôt fait de la faire de trois morceaux : au reſte, cela eſt aſſez arbitraire.

1030. Pour faire les deux grandes plaques de la poulie, on prendra du laiton qui ait plus de demi-ligne d'épaiſſeur,

on l'écrouira, & on donnera la même grandeur à chaque plaque, telle qu'elle est marquée par le calibre; on tournera ces plaques sur le petit arbre à vis, rondes, & égales d'épaisseur.

1031. Pour faire l'*entre-deux* de la poulie, on prendra du laiton qui ait une ligne d'épaisseur, & pour diametre, trois lignes de moins que les plaques, ce qui formera une rainure d'une ligne & demie de profondeur qui servira à loger le cordon qui doit entourer la poulie; on écrouira l'entre-deux, & on le tournera droit & rond sur le petit arbre à vis; on limera bien plans les plaques de poulie & l'entre-deux, ayant grande attention à ne pas le rendre inégal d'épaisseur.

1032. L'entre-deux ainsi fait, on fera une entaille d'une ligne de profondeur à sa circonférence, avec une lime à queue de rat; cette entaille servira à loger le nœud que l'on fait au bout du cordon pour l'arrêter avec la poulie, au moyen d'une cheville qui traverse les deux plaques, & qui passant pardessus le cordon, retient le nœud au fond de l'entaille. Le nœud ainsi noyé dans l'entaille, rend le tirage du cordon plus égal que si on l'attachoit simplement sur le fond de la rainure; car alors cela feroit une élévation en un endroit : c'est pour cette raison qu'il est préférable de faire la poulie de trois parties, afin de réserver à l'entre-deux la place du nœud.

1033. Pour assembler la poulie, on mettra les plaques & l'entre-deux sur un arbre lisse, qui centrera ces trois pièces; en cet état, on prendra une tenaille à vis, pour les tenir serrées & fixes : alors on prendra un foret qui ait $\frac{1}{2}$ ligne de grosseur, & on percera deux trous opposés près de l'extrémité de l'entre-deux de la poulie; on mettra ces trous en chanfrein sur chaque côté des plaques, & on chassera des chevilles de fil de laiton, que l'on rivera bien solidement; on ôtera les tenailles, afin de percer deux autres trous à égale distance des deux premiers; ils seront de même grosseur, & également éloignés du centre : on prendra garde que ces trous n'aillent pas tomber sur l'entaille de l'entre-deux, mais un peu à côté : on mettra ces trous en chanfrein pour la place de la rivure : on chassera des chevilles que l'on rivera.

1034. Les pièces de cadrature ainſi ébauchées, il faudra, avant de les achever, faire les tiges de marteau & les baſcules, l'encliquetage de la première roue de répétition, placer les chevilles ſur la roue; & avant tout cela, le barillet (*B*, *fig.* 3); ce qui étant fait, on achevera de ſuite la cadrature, & on lui fera produire ſes effets.

1035. Le barillet *B* de répétition eſt formé par une virole qui doit avoir deux lignes de hauteur, & d'un couvercle qui entre à drageoir ſur cette virole. Le barillet eſt fixé ſur le dehors de la platine des piliers, au moyen de deux vis qui appuyent ſur deux *oreilles l*, *n*, ſoudées à la virole du barillet: ainſi la platine & le couvercle forment le barillet, dans lequel ſe loge le reſſort de répétition; le bout extérieur du reſſort eſt arrêté à un crochet porté par le dedans de la virole, & le bout intérieur s'accroche à un petit arbre qui entre quarrément ſur le pivot prolongé de la première roue de répétition, qui paſſe à travers la platine des piliers. Le diametre intérieur du barillet peut être d'environ ſept lignes.

1036. Il y a deux moyens pour faire le barillet de ſonnerie; le premier, c'eſt de faire ſimplement une virole de la hauteur convenable, de faire à travers cette virole une entaille pour loger un morceau ou traverſe de laiton aſſez longue, pour que, coupant la virole en deux, elle ait deux bouts ſaillants pour former les oreilles ou tenons, & on ſoude cette traverſe en même-temps que la virole; enſuite on coupe la traverſe au raz du dedans du barillet, enſorte qu'il n'en reſte que les bouts pour les deux oreilles: le barillet ainſi préparé, on l'écrouit.

1037. Le ſecond moyen eſt de former ſur la virole même, deux tenons avant de la plier, ils ſervent à former les oreilles: pour cet effet, on prend du laiton qui ait le double de largeur de la virole; on le diviſe en quatre parties ſur ſa longueur; on réſerve à la première diviſion de chaque bout la largeur des oreilles, & l'on entaille le reſte, en ne laiſſant que la largeur de la virole. Les deux oreilles ainſi ménagées, on les plie d'équerre, à l'étau; enſuite on plie la virole, & on la

ſoude, comme nous l'avons expliqué (801 & *ſuiv.*) Pour donner la longueur convenable au laiton que l'on employe pour faire la virole, il faut lui donner trois fois le diametre que le barillet doit avoir.

1038. Le barillet ainſi préparé, on l'écrouira & on le rendra bien rond : enſuite on fera un mandrin (806) de la groſſeur convenable pour que la virole s'emboîte bien juſte deſſus, & que le bord où doit être formé le drageoir pour le couvercle, ſaille aſſez hors du mandrin pour qu'on puiſſe former ce drageoir, & ſelon la hauteur requiſe pour le barillet. On tournera le deſſous du barillet, qui doit poſer ſur la platine; on mettra le deſſus de largeur, & on formera le drageoir pour le couvercle; enſuite on tournera & on adoucira le dehors de la virole, & on l'ôtera de deſſus le mandrin; on limera le dedans de la virole avec une lime à feuille de ſauge, pour la rendre unie : on fera le couvercle; on prendra du laiton qui ait demi-ligne d'épaiſſeur; on l'écrouira & on le percera d'un trou qui ſoit de la groſſeur du bout du pivot de la première roue de répétition, ſur lequel l'arbre doit être mis. On tournera le couvercle ſur un arbre liſſe, rond & de côté, & on le fera entrer à force dans le drageoir de la virole; on fera une entaille *o* à ce couvercle, pour pouvoir l'enlever de deſſus ſon drageoir. On percera à chaque oreille, un trou de groſſeur convenable pour les vis qui doivent attacher le barillet ſur la platine.

1039. Pour poſer le barillet, on mettra la grande roue de répétition en cage, & on fera entrer le trou du couvercle ſur le pivot prolongé du côté de la platine des piliers; ce qui *centrera* le barillet avec l'axe de la première roue; alors on percera par les trous faits aux oreilles, les trous pour les vis; on taraudera ces trous de la platine, & on fera les vis; on aggrandira les trous des oreilles pour faire paſſer librement les vis à travers; & par le moyen de ces vis, on fixera le barillet ſur la platine; on limera à fleur de la platine le bout des vis.

1040. Le barillet ainſi poſé, on l'ôtera de ſa place, & on marquera ſur le pivot prolongé, qui doit porter l'arbre, un

trait

trait au raz de la platine, lequel indiquera l'origine du quarré qui doit porter l'arbre : on fera par cette marque, un trait de burin ſur le tour, & on limera le quarré ſelon les précautions indiquées (832); pour cet effet, on mettra de même une virole, pour empêcher qu'en échappant, on ne lime le pivot; cette virole aura l'épaiſſeur de la platine, & recouvrira foiblement le trait de burin.

1041. Le quarré étant fait, on fera la tête qui doit porter le crochet, pour accrocher le bout intérieur du reſſort : on prendra pour cela du fil de laiton durci, qui ait trois lignes $\frac{1}{2}$ de groſſeur; on en coupera un bout, qui ait pour longueur la hauteur intérieure de la virole priſe du dedans du couvercle; on percera un trou ſelon la longueur du fil de laiton; on ne percera pas tout-à-fait ce trou au centre, afin de réſerver une éminence pour former le crochet : le foret que l'on emploiera pour percer le trou, aura pour groſſeur l'épaiſſeur du quarré de l'arbre, afin que l'étampe qu'on fera, puiſſe rendre le trou quarré, en l'amenant à la groſſeur propre pour entrer juſte ſur le quarré de l'arbre de la première roue. On fera donc une étampe de la groſſeur & de la figure du quarré de l'arbre; & on étampera ce trou, ſelon les méthodes indiquées (834 & 835).

1042. La tête pour le reſſort étant étampée, on le fera entrer à force ſur le bout d'un arbre liſſe, & on tournera les deux bouts de la tête, ſelon la hauteur du dedans du barillet; on tournera les deux bouts de la tête, en laiſſant au milieu de ſa longueur, une épaiſſeur pour le crochet, lequel devra avoir environ demi-ligne de largeur. On réduira la tête de l'arbre à deux lignes de diamètre, & on limera tout autour, & à raz de la tête, l'éminence réſervée au milieu pour le crochet, ménageant ſeulement ce crochet que l'on creuſera d'un côté, pour arrêter le bout de l'œil du reſſort, & ſelon le côté indiqué par le rochet d'encliquetage de la première roue. On percera ſur le milieu de la hauteur du barillet, un trou de la groſſeur de $\frac{1}{3}$ de ligne, & on y chaſſera à force une cheville d'acier, qu'on laiſſera ſaillante en dedans, pour former le crochet du bout extérieur du reſſort; on entaillera ce petit bout ſaillant,

du côté où le reſſort doit s'y accrocher ; ce qui eſt indiqué par le crochet fait à la tête de l'arbre ; on fera faire un reſſort qui ſoit de la hauteur convenable pour le barillet, & on aura le moteur de la répétition ; ou, pour s'exempter de la peine de faire ce reſſort, on en choiſira de tout faits, de ceux que l'on emploie pour les grands reſſorts de montre, pourvu que ce reſſort ſoit aſſez long, pour que l'arbre y étant accroché, il puiſſe faire trois ou quatre tours ; c'eſt-à-dire, que le reſſort puiſſe avoir trois ou quatre tours de bande ; cela eſt ſuffiſant, puiſque la première roue ne peut faire tout au plus qu'un tour.

1043. Lorſqu'on aura ainſi terminé tout ce qui regarde le moteur de la répétition, il faudra faire l'encliquetage de la première roue. Pour cet effet, on fera le petit cliquet (*O*, *fig.* 1.) On le percera d'un trou, pour y faire entrer une petite vis à portée ſemblable à celle du cliquet du mouvement, mais qui ſera proportionnée à la groſſeur du cliquet ; c'eſt-à-dire, à l'eſpace qui reſte depuis le fond des dents de la roue *L*, (que le cliquet ne doit pas déborder) juſqu'aux dents du rochet *R*. Il faut que le cliquet ſe meuve bien librement ſur ſa vis, & que ſon bout ſoit de longueur convenable pour arcbouter le plus avantageuſement (331) contre les dents du rochet : ce cliquet doit être de l'épaiſſeur du rochet. On fera le reſſort *r* de même épaiſſeur que le cliquet, & d'acier que l'on écrouira ; enſuite on le limera & on l'adoucira, puis on le pliera de la manière indiquée par la figure : on tiendra le bout *r* aſſez long, pour y percer un trou, qui ſerve à y fixer un pied qui arrête le reſſort fixement, afin que l'autre bout appuie conſtamment ſur le cliquet.

1044. Avant de placer les chevilles ſur la roue *G*, il faut polir cette roue en dedans & en dehors, employant d'abord pour cela, une *pierre à l'eau douce*, & enſuite, le bois de fuſin limé plat ; on finira le poli avec de la pierre pourrie, broyée avec de l'huile.

1045. Pour faire les chevilles, on ſe ſervira d'aiguilles à coudre, que l'on fera revenir bleues ; on les limera preſque cylindriques, & enſorte que le bout entre à force dans les

trous percés à la roue ; on commencera par la première des douze chevilles, lesquelles doivent être saillantes en dehors de la roue. Lorsque le bout de l'aiguille entrera ainsi dans un trou, (par le dehors) on l'adoucira, ayant attention qu'elle ne soit pas faite trop en pointe ; ensuite on la polira avec le brunissoir, en tirant selon la longueur de l'aiguille : on coupera une longueur d'environ deux lignes, cela sera une cheville ; (nous dirons après, comment il faudra les fixer, & les mettre de longueur) ; on limera le bout de l'aiguille, jusqu'à ce qu'il entre dans le trou suivant de la roue ; on l'adoucira & brunira comme la première ; on la coupera de même, & ainsi de suite, jusques à la douzième cheville des heures.

1046. Les chevilles 1, 2, 3, des quarts, doivent être saillantes des deux côtés de la roue, afin d'agir en même-temps sur le marteau des heures & des quarts, pour former le double coup qui distingue le quart des heures ; on limera donc les chevilles en conséquence, en les faisant entrer assez avant, pour avoir un bout saillant en dedans de la roue ; on les coupera en dehors, en laissant deux lignes de longueur, afin d'avoir de quoi les chasser, pour les faire tenir à force sur la roue.

1047. Les quinze chevilles ainsi placées, on les chassera à force, en faisant appuyer le dedans de la roue sur un talon de laiton, attaché à l'étau, & percé d'un trou un peu plus gros que les chevilles : à mesure qu'on chassera une cheville, on présentera le bout saillant du dedans, sur le trou du talon, on frappera & on fera entrer à force la cheville par le dehors ; on fera la même opération aux quinze chevilles ; on coupera avec *une tenaille à couper*, les douze bouts saillants des chevilles des heures du dedans de la roue ; on limera ces douze chevilles à raz, du dedans de la roue ; ensuite on redressera ces chevilles, ensorte qu'elles soient perpendiculaires au plan de la roue.

1048. Pour réduire les chevilles à une même longueur, on prendra un morceau de fil de laiton, qui ait environ deux lignes de grosseur ; on le coupera d'une ligne ½ de longueur ; on le percera d'un trou assez grand, pour entrer librement sur les chevilles : on limera plat & de même épaisseur, cette petite

virole ; & pour le mieux, on la tournera ſur un petit arbre liſſe, en rendant les deux bouts bien plats, & formant l'épaiſſeur d'une ligne ; on mettra un morceau de papier pour recouvrir la roue : les chevilles traverſeront ce papier ; on placera la virole ſur une cheville, que l'on coupera avec les tenailles au raz de la virole ; on en fera autant aux autres chevilles des heures, & de même aux trois des quarts, tant en dedans qu'en dehors de la roue. Les chevilles ainſi coupées, on prendra une lime carrelette douce, & on les limera toutes les unes après les autres, au raz de la virole. Pour ôter la rebarbe, ou les petits angles des chevilles, on ſe ſervira du foret à rebarbe, dont nous avons parlé (959.)

1049. Avant de travailler à l'exécution des baſcules & des tiges de marteaux, il eſt à propos d'en expliquer la diſpoſition, & de faire bien entendre les effets de cette partie de la répétition.

1050. La tige du marteau des quarts *f*, *l*, (*fig.* 2), porte deux *baſcules* qui ſe meuvent librement ſur cet axe ; l'une *m*, *x* (*fig.* 1), paſſe deſſus la roue des chevilles, pour s'engrener avec les chevilles des heures, & avec les trois ſuivantes pour les quarts. Cette baſcule ſert à faire frapper le marteau des heures *t*, *m*, (*fig.* 2.) ce qui ſe fait au moyen de la baſcule de renvoi, *o*, (*fig.* 1) : l'autre baſcule qui eſt portée par la tige du marteau des quarts, paſſe par deſſous la roue des chevilles, pour s'engrener dans les trois chevilles de deſſous, afin de produire, par ce moyen, le double coup pour les quarts. La tige du marteau des quarts eſt repréſentée en perſpective, (*fig.* 8.) avec les deux baſcules : *m*, *x*, eſt celle des heures : le bout *m* eſt celui qui s'engage dans les chevilles : 4, eſt la partie qui appuie ſur la baſcule de renvoi *o* (*fig.* 1.), afin de communiquer ſon mouvement à la tige du marteau *n*, vue en perſpective (*fig.* 9). La baſcule de renvoi eſt auſſi repréſentée en perſpective (*fig.* 10) : le bras 5 reçoit le mouvement du bras 4 de la baſcule des heures *m*, *x* : & le bras oppoſé 6 le communique au bras 7 fixé ſur la tige du marteau des heures (*fig.* 1 & 9) : ainſi le marteau s'élève & frappe du

même côté que celui des quarts, au moyen de cette bascule de renvoi (*fig.* 10).

1051. La bascule des quarts *a* (*fig.* 8), qui se meut sur la tige de ce marteau, & dessous celle des heures, est vue (*fig.* 11); le bras *a* passe, comme j'ai dit, dessous la roue des chevilles, pour s'engrener dans les trois chevilles portées par ce côté, pour former le double coup des quarts. La tige des quarts vue sans les bascules (*fig.* 12), porte le bras *e* contre lequel la cheville *g* de la bascule (*fig.* 11), vient agir, pour élever le marteau *f*, *l* (*fig.* 2), mis quarrément sur l'axe prolongé *d*, de la tige *q*, (*fig.* 12).

1052. La bascule des heures, vue en perspective (*fig.* 13), porte deux chevilles, dont l'une *f* sert à agir sur le derrière *g* de celle des quarts (*fig.* 11), lorsqu'on tire le cordon de la répétition, & qu'alors les chevilles font rétrograder la bascule des heures, qui entraîne de même celle des quarts. La seconde cheville *e x* de la bascule des heures, passe à travers l'ouverture *o* (*fig.* 2), pour venir s'arrêter sur le bout du *tout-ou-rien*, lorsqu'en tirant le cordon, les chevilles font rétrograder les bascules : or, cette cheville *e* étant retenue par le bout du *tout-ou-rien*, les bascules ne peuvent plus s'engrener dans les chevilles de la roue : ainsi, elle ne répétera pas, à moins que l'on ne tire assez le cordon, pour que le bras *b* du rateau appuie sur le pas du limaçon des heures, & ne fasse faire un mouvement au bout du *tout-ou-rien*, qui dégage les bascules, & leur permet d'engrener dans les chevilles, pour faire frapper les marteaux.

1053. Pour renvoyer les bascules, & les remettre en prise avec les chevilles, il y a un petit ressort *h i*, (*fig.* 13), qui est attaché à la platine des piliers, près de la tige du marteau des quarts ; ce ressort, qui traverse la cage, est prolongé pour venir agir sur le devant *b* du bras de la bascule des quarts, (*fig.* 8) ce qui la renvoie, & par conséquent, celle des heures, à cause que la cheville *f* (*fig.* 13) pose sur le derrière *g* de cette bascule des quarts (*fig.* 11).

1054. Et afin que les coups pour les quarts ne frappent

pas tous deux à la fois, ce qui ne les rendroit pas diſtincts de ceux pour les heures, les deux bras des baſcules, qui agiſſent ſur les chevilles, ne ſont pas de même longueur ; on tient celui *a* (*fig.* 8) de la baſcule des quarts un peu plus court que celui *m* ; ainſi, c'eſt le marteau des quarts qui retombe le premier, mais en laiſſant ſeulement un petit intervalle entre le double coup frappé par celui des heures.

1055. Pour que la force du coup des marteaux ne dépende pas uniquement de la peſanteur des marteaux *l m* (*fig.* 2), & de la force qu'ils acquierent en tombant ſur le timbre, on fait agir ſur chaque marteau un reſſort, pour augmenter cette force : c'eſt l'effet du reſſort *P* 8 (*fig.* 1), attaché en dedans de la platine des piliers, au moyen d'une vis *P*, & d'un pied porté par l'extrémité de la tête de ce reſſort. Le bout 8 du reſſort appuie ſur le bras *i* (*fig.* 8 & 12), fixé ſur la tige du marteau des quarts; & c'eſt cette action du reſſort qui augmente la force du coup de ce marteau. Lorſque le marteau a frappé ſur le timbre, il faut qu'il s'en éloigne un peu, afin de laiſſer la liberté des vibrations, & par conſéquent, celle de former le ſon : c'eſt à cet uſage qu'eſt deſtiné le long bras *k* (*fig.* 8 & 12), fixé ſur la tige du marteau des quarts, oppoſé à celui ſur lequel le reſſort agit pour faire frapper. Le bras *k* vient poſer contre le reſſort *P* 8 (*fig.* 1), qui fléchit un peu, lorſque le marteau retombe ; mais lorſque celui-ci a conſumé toute ſa force ſur le timbre, ce reſſort repouſſe le marteau, & l'éloigne un peu du timbre, ainſi le timbre vibre & ſonne librement.

1056. La tige du marteau des heures (*fig.* 9), porte de même deux bras oppoſés & inégaux ; l'un *c*, eſt preſſé par le reſſort, pour faire frapper le marteau, & l'autre *n*, pour renvoyer ce marteau de la même maniere que nous venons de l'expliquer pour celui des heures. Le reſſort de ce marteau n'eſt pas ici repréſenté, il eſt attaché en dedans de la ſeconde platine : il ne differe pas de celui *P* 8, & produit les mêmes effets.

1057. La tige du marteau des quarts eſt miſe en cage,

& roule ſur les pivots *o p* (*fig.* 12); le pivot *o* doit rouler dans le trou fait à la platine des piliers, & celui *p*, dans celui de la ſeconde platine : l'axe prolongé *p d*, entre dans le trou quarré fait au canon *f* (*fig.* 2), qui porte la branche du marteau *l*.

1058. La tige du marteau des heures (*fig.* 9), eſt miſe en cage, & roule ſur ſes deux pivots *c d*; le pivot *d*, dans le trou de la platine des piliers, & le pivot *c*, dans le trou de la ſeconde platine; l'axe ou pivot prolongé *c e* eſt quarré, & entre dans un trou de même figure, fait au canon ſur lequel eſt rivée la branche du marteau *m* (*fig.* 2).

1059. La baſcule de renvoi, (*fig.* 10) ſe met en cage, & roule ſur ſes pivots *a b* : le pivot *a*, dans le trou fait à la platine des piliers, & le pivot *b*, dans celui de la ſeconde platine.

1060. Les bras 5, 6 de cette baſcule, & celui 7 de la tige des heures (*fig.* 9), doivent être élevés à la hauteur juſte du bras 4 de la baſcule des heures (*fig.* 8), afin qu'elle communique ſon mouvement à la baſcule de renvoi, & celle-ci, à la tige du marteau des heures.

1061. Les baſcules des heures & des quarts (*fig.* 11 & 13), doivent tourner librement ſur le pivot *p q* de la tige des quarts, afin que le petit reſſort *h*, (*fig.* 13), puiſſe les repouſſer pour les mettre en priſe avec les chevilles : ces baſcules ne doivent pas ſe mouvoir ſelon leur longueur, afin que leurs bras ſe préſentent toujours à la même hauteur que les chevilles de la roue *G* : elles ſont retenues d'un côté par la portée *q* (*fig.* 12), & de l'autre, par le dedans de la ſeconde platine.

1062. Pour que les marteaux parcourent un grand eſpace, ce qui eſt avantageux pour rendre le coup plus fort, il faut, qu'immédiatement après qu'une cheville a abandonné le bras *m* de la baſcule des heures (*fig.* 1), le dedans de ce bras ſoit dirigé au centre de la roue; & qu'alors la prochaine cheville qui doit agir ſur ce bras, ne faſſe que commencer à poſer contre lui : ainſi, il faut d'abord tenir

ce bras *m* plus long, & le racourcir jusqu'à ce qu'il remplisse ces conditions; ce bras *m*, tel qu'il est marqué dans la figure, est trop long : quand on l'a réduit à la longueur requise, on accourcit un peu plus celui de la bascule des quarts, pour qu'il quitte sa cheville avant celui des heures, & produise le double coup.

1063. La bascule de renvoi *o* (*fig.* 1), doit être placée à égale distance de la tige du marteau des quarts *i*, & de celle *n*, des heures; & l'attouchement de chaque bras 4, 5, 6, 7, devra se faire à égale distance des centres *o* & *n*, & *i*, *o*; par ce moyen, le bras 7 de la tige du marteau des heures, parcourra le même espace que le bras *m* de la bascule; & ces points d'attouchement de la bascule de renvoi doivent se faire (au commencement de la levée) dans la ligne droite qui passe par les centres de mouvement *o*, *n*, & *o*, *i* de la bascule & des tiges de marteau; par cet arrangement, le mouvement se communiquera de la bascule *m* au marteau des heures avec une moindre perte, c'est-à-dire, avec moins de frottement : ainsi, avant de travailler aux bascules, on percera les trous des tiges de marteau & de la bascule de renvoi, & on tracera leurs directions sur la platine, afin de se régler là-dessus pour l'exécution de cette partie.

1064. Nous observerons que l'on pourroit supprimer la bascule de renvoi, en plaçant la tige du marteau des heures près de celle des quarts, en sorte que le bras 4 de la bascule pressât immédiatement le bras 7 du marteau; mais alors ce marteau tourneroit en sens contraire à la bascule, & frapperoit sur le dessous du timbre; ce qui ne seroit pas aussi favorable pour la force du coup : d'ailleurs le pivot prolongé gêneroit le rateau, & *le tout-ou-rien*, (*fig.* 2) : cette augmentation de la bascule de renvoi ne cause aucun embarras.

1065. Le jeu des bascules & des marteaux une fois bien conçu, l'exécution en sera facile. On fera d'abord les tiges de marteau; on prendra pour cela de l'acier quarré que l'on rendra rond; on en coupera pour chaque tige une longueur de la hauteur de la cage, plus, environ sept lignes pour le pivot prolongé

prolongé de la tige de marteau des quarts, (*fig.* 12), & 8 lignes pour le pivot prolongé qui doit porter le marteau des heures: on donnera plus de longueur au pivot du marteau des heures, pour que ce marteau passe au-dessus de celui des quarts, & afin qu'ils ne se touchent pas lorsqu'ils s'élevent ensemble pour frapper les quarts : ces tiges doivent avoir une ligne $\frac{1}{2}$ de grosseur; on prendra du même acier pour faire la tige de la bascule de renvoi (*fig.* 10); on lui donnera la longueur requise pour y former les pivots, pour les mettre en cage: on ébauchera ces trois tiges, que l'on rendra rondes à la lime, & qu'on tournera de même grosseur dans toutes leurs longueurs ou approchant; on mettra la roue des chevilles dans la cage, & on présentera sur le bord (de cette cage) la tige des quarts, selon la hauteur convenable pour former le pivot d'en-bas, & pour que celui qui doit porter le marteau des quarts saille en dehors de la seconde platine ; on marquera au-dessous des chevilles des quarts du dedans de la roue, l'endroit où le bras *e* (*fig.* 12) doit être fixé à cette tige; on le marquera, en sorte qu'il reste une demi-ligne d'intervalle entre ce bras *e* & celui de la bascule *b* des quarts (*fig.* 8); on percera à cet endroit, à travers la tige, un trou d'une demi-ligne de grosseur; on fera une petite entaille à travers la tige & sur le trou, de l'épaisseur même du trou, & qui ait de profondeur $\frac{1}{3}$ de la grosseur de la tige; on prendra de l'acier qui ait cette épaisseur, & pour largeur, la grosseur de la tige; on limera le bout en rond, pour le faire entrer dans le trou, & la portée de cette cheville entrera dans l'entaille faite à la tige; on mettra l'autre côté du trou en chanfrein, & on rivera le bout saillant de la cheville que l'on a formé sur le bras, (ce qui le fixera très-solidement sur la tige); & si l'ajustement est bien fait, cela ne doit paroître former qu'une même piece avec la tige: cela fait, on levera la portée *q* (*fig.* 12) à raz de l'extrémité des chevilles du dedans de la roue, & on la tournera en diminuant depuis *q* jusqu'au bout *d*, mais sans y faire le second pivot *p*, pour lequel il faudra former une seconde portée, après qu'on aura fait cette tige de marteau, comme nous l'expliquerons ci-près.

1066. On ajuftera le bras 7 de la tige du marteau des heures, (*fig.* 9), comme on a fait celui des quarts; on trouvera la place où il doit être pofé, en préfentant la tige contre le bord de la platine, & felon la hauteur propre à former le pivot d'en-bas, & en obfervant que ce bras 7 doit être à la même hauteur que la bafcule *m*, (1060), & par conféquent dans le milieu de la longueur des chevilles du deffus de la roue; on percera un trou à travers la tige; par cet endroit, on l'ajuftera & on le rivera.

1067. Pour faire le bras oppofé *c n*, on prendra de l'acier de demi-ligne d'épaiffeur, & de deux lignes ½ de largeur, & plus long que *cn*; on le percera au quart de fa longueur, d'un trou qui foit un peu plus petit que la tige même: on diminuera la tige un peu en pointe par le bout *e*, afin de la faire entrer dans le trou du bras *c n*, à force & affez avant, pour que cette plaque s'arrête fur la tige prefqu'au raz du dedans de la feconde platine, tandis que le bras 7 eft à la hauteur des chevilles des heures; & comme cette plaque doit être foudée avec la tige, il faut, avant de la faire entrer, mettre en chanfrein chaque bord du trou, pour loger la foudure: on tournera cette plaque, en la chaffant de façon que le côté extérieur de la plaque *c n*, foit dirigé felon le bord de la platine, tandis que le bras 7 eft dirigé contre le centre de la bafcule de renvoi: au refte, il faut laiffer les pieces plus larges, afin de pouvoir leur donner la direction convenable, lorfqu'elles font mifes en cage.

1068. Pour faire le bras *i k* de la tige du marteau des quarts (*fig.* 12), on prendra du même acier dont on s'eft fervi pour celle des heures, & on l'ajuftera avec les mêmes précautions du côté d'en-bas, & de forte que cette plaque affleure prefque le dedans de la platine des piliers: la tige étant placée felon la hauteur défignée pour le bras *e*, qui doit paffer, comme j'ai dit, en deffous des chevilles des quarts du dedans de la roue; on donnera une telle direction aux bras *e* & *i k*, que tandis que le dehors *i k* étant dirigé felon le bord de la platine, le bras *e* tende au centre de la roue des

chevilles : on voit que pour juger de cette direction, il faut placer le bout inférieur de la tige fur le trou *i* percé à la platine des piliers, (*fig.* 1).

1069. Il faut faire entrer fur la tige de renvoi *ab* (*fig.* 10), une plaque du même acier ; on la percera dans le milieu de la longueur marquée fur la platine ; on peut même la tenir plus longue : on fe réglera pour la hauteur où elle doit être placée fur celle du bras 7, (*fig.* 9), ou, ce qui revient au même, fur le milieu de la longueur des chevilles des heures de la roue *G*, (*fig.* 1) mife dans la cage.

1070. Ces pieces ainfi préparées, il faudra fouder ces plaques fur les tiges : pour cet effet, on prendra du cuivre rouge qui foit un peu allié avec du laiton ; fi on n'en a pas de cette efpece, on l'emploiera pur ; on le coupera en petit filet, pour entourer la tige tout contre la plaque ; on y mettra du borax ; on mettra le tout dans du charbon bien allumé, & on foufflera jufqu'à ce que le cuivre rouge foit fondu & entré dans l'*ébifelure* de la plaque ; alors on plongera la tige, lorfqu'elle eft également rouge, dans de l'eau froide pour la tremper : faire cette forte de foudure de l'acier avec l'acier, au moyen du cuivre rouge, s'appelle *brafer :* on brafera ainfi les deux plaques des tiges de marteau, & de même la bafcule de renvoi que l'on trempera auffi.

1071. Les tiges & bafcules de renvoi étant brafées & trempées, on les blanchira, afin de les faire revenir ; & pour qu'on puiffe limer facilement les bras & les plaques, il fera à propos de faire revenir ces pieces d'un bleu gris.

1072. On les dreffera par leurs pointes pour les mettre rondes ; enfuite on les tournera dans toute leur longueur, & on les adoucira avec une pierre à huile ; & on fera leurs pivots pour les mettre en cage.

1073. Pour faire les pivots de la tige du marteau des quarts (*fig.* 12), on formera d'abord le pivot inférieur *o*, auquel on donnera pour diametre un peu plus de demi-ligne. On reculera la portée convenablement, pour que le bras *e* paffe au-deffous des chevilles du dedans de la roue ; on donnera pour

longueur à ce pivot, l'épaiſſeur de la platine des piliers. Ce pivot fait & poli, on prendra, avec le maître-danſe, la hauteur de la cage, afin de former le gros pivot *p*, & donner la hauteur requiſe à la portée : avant de faire cette portée, il faudra tourner bien rond le pivot *p q* ſur lequel doivent rouler les baſcules ; on l'adoucira & on le polira : alors préſentant les pointes de l'outil, on fera la ſeconde portée *p* qui ne doit pas être bien profonde, afin de ménager la groſſeur du pivot prolongé pour le quarré *d* ; ce pivot doit avoir environ une ligne de diametre ; on fera ce pivot *p*, en ſorte qu'il aille un peu en diminuant juſqu'à la pointe *d* : on polira la partie *p* qui doit rouler dans le trou de la ſeconde platine.

1074. On fera le pivot inférieur de la tige des heures (*fig.* 9) ; on lui donnera la même groſſeur qu'au pivot *o* (*fig.* 12) ; on reculera ſa portée convenablement, pour que le bras 7 ſoit placé à la hauteur du milieu des chevilles ſupérieures de la premiere roue de répétition ; on le polira ; & prenant, avec le maître-danſe, la hauteur de la cage, à l'endroit où cette tige doit être poſée, on fera la portée & le pivot de la même groſſeur que celle du pivot *p* (*fig.* 12), & avec les mêmes précautions ; enſuite on le polira.

1075. Pour faire les pivots de la baſcule de renvoi (*fig.* 10), on ſe réglera ſur la hauteur du bras 7 de la tige des quarts ; on fera les pivots de même groſſeur que les petits pivots des tiges de marteau : on les polira de même.

1076. On mettra en cage la tige des quarts (*fig.* 12), en faiſant entrer ſon pivot inférieur *o* dans le trou fait à la platine des piliers, juſte & libre, & le pivot ſupérieur *p* dans le trou fait à la ſeconde platine : on mettra de même en cage, & du côté convenable, la baſcule de renvoi & la tige du marteau des heures (*fig.* 9) : ces pieces doivent tourner librement dans leurs trous, mais avec peu de jeu, & juſte ſelon la hauteur de la cage, ce qui doit être réglé par le maître-danſe, que nous ſuppoſons exact.

1077. On fera à chacun des trous, ſur le dehors des platines, des petits réſervoirs pour contenir l'huile ; on les

fera peu profonds, afin de ne pas trop amincir les trous, & que le roulement des pivots ne puisse les user trop facilement.

1078. Il faudra, pour faire les bascules, présenter la premiere roue des chevilles dans la cage, avec la tige des quarts, afin de prendre la longueur que doit avoir le canon *h* de la bascule (*fig.* 11): ce canon doit être tel qu'il pose par son côté *g*, contre la portée *q* (*fig.* 12), tandis que le bout *h* affleure le milieu de la longueur des chevilles, & que le plan du bras *m* de la bascule des heures (*fig.* 13), pose contre le bout de ce canon, pour que ce bras *m* engrene dans les chevilles. Cette disposition est marquée dans la figure 8, qui fait voir les deux bascules rassemblées sur la tige des quarts: on prendra donc la mesure de cette longueur du canon; & pour faire cette bascule des quarts (*fig.* 11), on prendra de l'acier assez épais pour y faire un trou à travers, pour former le canon: on percera sur le bout de la verge d'acier, (ou de fer, au défaut du premier), un trou un peu plus petit que le pivot *p q* (*fig.* 12); & on aggrandira ce trou jusqu'à ce qu'il entre bien juste sur le fond *q* du pivot; on aura l'attention d'employer un équarrissoir de la même figure que ce pivot, afin que le trou porte sur toute sa longueur; pour le rendre libre, on se servira d'un alaisoir de même figure que l'équarrissoir: on entaillera en *e* autour du canon *h e*, afin de ne laisser au bras *a* de la bascule que l'épaisseur de demi-ligne; on observera que ce bras doit être réservé devers le bout du côté le plus aggrandi du trou, & de sorte à se présenter pour engrener en plein dans les chevilles du dessous de la roue: il faut savoir, pour prévenir tout embarras, que la cheville *g*, & l'entaille faite dans l'épaisseur du bras, ne se font qu'après, & que cette cheville est rapportée à force sur ce bras; & de même des chevilles *f* & *e* (*fig.* 13): le bras *a e g* (*fig.* 11) étant fait, on tournera le canon, & on limera la piece à-peu-près de la figure *h e g a*; on tournera le bout *h* du canon, & le dessous *g*, & on présentera la bascule mise sur sa tige dans la cage, pour voir si le bras *a* engrene

en plein les chevilles, & si le bout du canon s'éleve un peu plus que le dessus de la roue des chevilles, afin de limiter le dessous de la bascule *m* 4 (*fig.* 13); cela étant, on aura l'intervalle depuis le dessus du canon de la petite bascule, jusqu'au dedans de la seconde platine, qui donnera la longueur du canon de la bascule des heures.

1079. Pour faire la bascule des heures, on peut prendre un morceau d'acier ou de fer, qui soit assez grand pour y former les bras *m*, 4, *x*, (*fig.* 13); ou bien on peut faire cette bascule de deux morceaux, dont l'un, qui formera les bras 4 *m*, sera fait avec de l'acier pareil à celui que l'on a employé pour les bras *i k*, (*fig.* 12), & l'autre servira à former le bras *x*, & le canon *n* de la longueur donnée : cette derniere maniere est plus facile. On prendra donc du fer ou de l'acier qui ait pour épaisseur le diametre *h e* du canon de la petite bascule (*fig.* 11), & pour largeur, la longueur donnée du canon *n o* (*fig.* 13); on le percera selon sa largeur par le bout d'un trou un peu plus petit que le bout du pivot *p q* (*fig.* 12) : on limera cette piece pour former le bras *x* sur le plus petit bout du trou ; on tournera le canon, on percera un trou de la grosseur de ce canon, sur une plaque d'acier de demi-ligne d'épaisseur, & propre à former les bras 4 *m*; on fera entrer ces bras 4 *m*, (ébauchés) sur le bout *o* du canon un peu à force, & en sorte que les bras *m*, *x* gardent entr'eux la direction convenable, pour que tandis que le bras *m* tend au centre de la roue, le bras *x* soit dirigé contre le dedans du bout du *tout-ou-rien*, marqué sur le dehors de la seconde platine : ainsi en présentant contre cette platine la bascule, & sur le trou *f* (*fig.* 2), on donnera à ces bras leurs vraies directions : cela fait, on soudera les bras 4 *m* sur le canon *n o*; & pour qu'il ne soit pas besoin de trop chauffer cette piece, on emploiera de la soudure forte, faite avec un peu de zinc & de cuivre jaune, (on ne trempera pas cette piece) afin de pouvoir percer & tarauder facilement le trou pour la vis *x e*, & percer le trou de la cheville *f*: on aggrandira le trou de la bascule avec le même

équarriſſoir dont on s'eſt ſervi pour la baſcule des quarts, & on la fera entrer pour que le deſſous *o* (*fig.* 13) porte contre le bout du canon de la baſcule des quarts, pour donner la liberté convenable à ce trou ſur ſon pivot ; on ſe ſervira d'un alaiſoir : on tournera les deux bouts du canon, pour que le bras *m* s'engrene en plein dans les chevilles ſupérieures de la roue *G* (*fig.* 1), & poſe contre le bout du canon de la baſcule des quarts, tandis que le bout *n* affleure le dedans de la ſeconde platine, ou ce qui revient au même, la portée *p* (*fig.* 12) comme cela ſe peut voir dans la piece raſſemblée (*fig.* 8).

1080. Les baſcules ainſi préparées, on fera les grands reſſorts de marteau, & on les poſera l'un *P k* 8 ſur le dedans de la platine des piliers, pour appuyer ſur les bras de la tige des quarts, & l'autre dans le dedans de la ſeconde platine, pour appuyer ſur les bras *c n* (*fig.* 9) de la tige des heures : on les tiendra longs & forts, & on les diminuera d'épaiſſeur (s'il en eſt beſoin) lorſque le grand reſſort de répétition fera mouvoir le marteau, ce que l'on fera, ſi le moteur n'a pas aſſez de force pour faire mouvoir les marteaux ; mais nous n'en ſommes pas encore à cette opération. Pour n'être pas obligé de démonter les platines à chaque fois que l'on aura beſoin de démonter les reſſorts de marteau, il faudra mettre les vis de ces reſſorts en dehors des platines : ainſi les trous des reſſorts ſeront taraudés, & les têtes des vis porteront ſur le dehors des platines.

1081. On limera les bras 4, 5, 6, 7 des baſcules, (*fig.* 1), pour qu'elles gardent entr'elles les directions indiquées, tandis que l'appui du reſſort de marteau contient en repos les bras *c n* de la tige des heures : on arrondira les bouts 5, 6, afin d'adoucir les preſſions ſur les bras 4 & 7 : on en fera autant à ceux-ci, & par les mêmes raiſons.

1082. Dans cet état, on limera le devant du bras *m* de la baſcule des heures, dont la direction doit être, comme j'ai dit, de tendre au centre de la roue des chevilles : alors

en raſſemblant les baſcules, & les mettant en cage, ainſi que les tiges de marteau & la roue de cheville, on fera tourner celle-ci en avant, afin de voir ſi le bras *m* eſt de longueur convenable ; c'eſt-à-dire, ſi après avoir échappé de deſſus la cheville, il reprend la direction du centre de la roue, lorſque la cheville prochaine ne fait que commencer à toucher le devant du bras *m* ; ſi cela n'eſt pas, & ſi elle ſe trouve trop longue, on l'accourcira ; mais ſi on l'avoit trop raccourcie, pour pouvoir produire cet effet, il faudroit l'allonger à coups de marteau : la baſcule des heures produira, par ce moyen, un très-bon effet.

1083. Pour en faire produire de même à la baſcule des quarts, il faudra percer le trou de la cheville *g* (*fig.* 11 & 8), dans le milieu de la largeur & longueur du bras *a* qui doit être, comme j'ai dit, plus court que le bras *m* ; on fixera cette cheville *g*, (dont la groſſeur eſt d'un tiers de ligne) ſur le bras *a*, & on la coupera à la longueur convenable, pour appuyer contre le bras *e* de la tige de marteau : on remettra en cage la tige de marteau, ſur laquelle on fera appuyer le reſſort, afin de régler la direction du bras ; on placera la baſcule des quarts ſur la tige, & on verra ſi en cet état le devant du bras *a* tend au centre de la roue ; on reculera le bras *a* de la tige, (que l'on a dû tenir large exprès) juſqu'à ce que cela ſoit : alors on placera en cage la tige des heures & la baſcule de renvoi : on placera les baſcules ſur la tige des quarts, & on les mettra en cage avec la roue de chevilles que l'on fera tourner en avant, afin de faire frapper les tiges de marteau preſſées par leurs reſſorts, & d'accourcir la petite baſcule des quarts, juſqu'à ce qu'elle échappe les chevilles un peu avant celle des heures.

1084. On placera ſur la levée *m* des heures (*fig.* 8), une cheville *f* (*fig.* 13) de même groſſeur que celle qu'on a miſe ſur la baſcule des quarts ; on la placera tellement que le devant *a b* des baſcules affleure ; & que lorſqu'on fait rétrograder la roue des chevilles, ſon action ſur le derriere du bras *m* entraîne auſſi le bras *a b* (*fig.* 8).

1085.

1085. Enfin, pour achever ce qui concerne les bafcules, on fera le petit reffort *h* (*fig.* 13) avec du petit acier quarré, que l'on écrouira après que l'on aura taraudé la partie *a* qui doit entrer à vis dans la platine. La petite partie *a i* doit être ronde & fort mince: on percera à la platine des piliers, en dedans du trou du pivot, fur la ligne qui feroit tracée de ce pivot au centre de la roue des chevilles; on percera, dis-je, un trou propre à être taraudé, de la groffeur de la vis *a*; il faut le percer près de la tige du marteau, & feulement à la diftance requife, pour ne pas y toucher ni gêner le dedans du bras *i k* (*fig.* 8); mais que ce reffort appuie près du centre du bras *b* de la bafcule des quarts (*fig.* 8) avec affez de force pour ramener les bafcules, & les mettre en prife avec les chevilles, lorfque (*fig.* 2) le rateau a dégagé du bout du *tout-ou-rien*, la cheville *o* qui tenoit ces bafcules renverfées (114 & 118): on fera à la feconde platine, l'ouverture *N o* (*fig.* 2) pour le jeu de la cheville qui doit venir appuyer fur le bout du *tout-ou-rien*; on tracera, pour cela, deux portions de cercle avec un compas, & telles que le milieu de cette ouverture foit diftant du centre du marteau *f*, d'une ligne ½ environ: le bout de cette ouverture ira feulement jufqu'au bord du trait marqué pour la poulie, & on pourra conduire l'autre jufqu'au bord *o* de la platine: cette ouverture pourra avoir environ ¾ de ligne de large, un peu plus ou un peu moins, cela eft égal, pourvu qu'on réferve affez de force autour du trou du pivot; on ne fera la cheville *o* que lorfque le *tout-ou-rien* fera achevé & pofé de hauteur: paffons maintenant à la cadrature.

1086. La roue des chevilles étant mife en cage, on marquera fur le pivot prolongé, qui doit porter la poulie, un trait de lime à fleur de la platine, lequel réglera l'origine du quarré qu'il faut faire fur ce pivot; on fera fur le tour un trait de burin qui paffe par la marque de la lime, & on fera le quarré avec les précautions indiquées (832); on le limera bien exactement, & on l'adoucira, en tirant les traits

en long ; & pour conſerver plus de force à ce quarré , on n'en fera pas les angles tout-à-fait vifs.

1087. Pour faire le pignon qui doit entrer quarrément ſur le pivot prolongé, on prendra du fil de laiton bien pur & net , qui ſoit un peu plus gros que le cercle tracé ſur la platine : nous avons ſuppoſé que ce pignon devoit être de quatre lignes ; on prendra donc du laiton qui en ait cinq ; on le coupera de toute la longueur du quarré fait à l'arbre, & on l'écrouira en tout ſens, afin de le rendre bien dur ; on le percera d'un trou de groſſeur convenable pour être étampé (834), ayant attention que ce trou ſoit bien droit & uni, afin qu'il ne courbe pas l'étampe, & qu'étant placé ſur le quarré , il ne le faſſe tourner mal rond : pour éviter cet obſtacle , il ſera à propos de le percer ſur le tour de la même maniere qu'on a fait la chauſſée (910): le trou étant percé , on paſſera un équarriſſoir dedans , pour l'amener à la groſſeur requiſe pour être étampé ; on fera une étampe de la groſſeur & figure du quarré de l'arbre, & on étampera ce trou juſqu'à ce qu'étant bien quarré, il entre à force ſur le quarré de l'arbre ; quand cela ſera fait , on tournera ce pignon ſur un arbre liſſe pour l'ébaucher ; on levera par en bas , du côté le plus grand du trou , une portée propre pour l'épaiſſeur de la poulie qui doit s'y fixer, & à laquelle on donnera ſeulement aſſez de profondeur pour avoir une bonne aſſiette pour retenir la poulie, & que le bout de ce pivot ou portée ait aſſez d'épaiſſeur autour du trou , pour former une rivure très-ſolide, ainſi que cela eſt néceſſaire : au reſte , avant de régler tout-à-fait l'enfoncement de cette portée, il faut mettre le pignon de groſſeur ; & pour cela, après avoir tourné ſes deux bouts, on l'ôtera de deſſus l'arbre liſſe, pour le faire entrer à force ſur le quarré de l'arbre, en ſorte qu'il entre tout au fond ; & c'eſt ſur cet arbre qu'il faut achever de le tourner rond ; parce qu'alors ſi les pans du quarré ne ſont pas enfoncés également, cela n'empêchera pas que le pignon ne devienne concentrique à l'axe. Quand on l'aura tourné bien rond & de groſſeur , il faut , avant

de l'ôter de deſſus l'arbre, faire un repaire, en marquant, pour cet effet, un petit trait à un pan du quarré de l'arbre, & autant au côté correſpondant du trou quarré du pignon, afin qu'on repréſente toujours le pignon ſur le même côté, & que par conſéquent il ſe trouve rond comme il a été tourné.

1088. Pour déterminer le nombre de dents qu'il faut mettre ſur le pignon, il faut obſerver que, comme il doit éprouver tout l'effort de la main qui tire le cordon pour faire répéter, il faut tenir les dents les plus fortes qu'on pourra; pour cet effet, il faudra le faire d'un petit nombre de dents, comme huit, par exemple; car d'ailleurs le nombre eſt indifférent, & ne change pas le chemin du rateau, qui dépend de la grandeur du pignon ſeulement : par une ſuite de la même obſervation, il ne faudra pas trop enfoncer les dents de ce pignon, & il faudra les tenir fort *pleines* pour les rendre plus ſolides.

1089. Pour diviſer le pignon, on le fera entrer ſur le quarré de l'arbre, & à ſon repaire; on ôtera la roue *L* de ſa place, en ſorte qu'il ne reſte ſur cet axe que le pignon, la roue de cheville & le rochet; & en cet état on placera l'arbre ſur le tour; & comme le rochet d'encliquetage eſt fendu ſur le nombre 48 (789), on s'en ſervira pour marquer le pignon par la méthode indiquée (864 & 865): on fera donc appuyer ſur les dents du rochet un reſſort que l'on attachera ſur la barre du tour avec une tenaille à vis, ainſi ce reſſort rendra l'arbre & le pignon immobiles : on fera approcher le ſupport du tour tout contre le pignon, & on fera un trait ſur ſa longueur en appuyant ſur le bord du ſupport; on fera avancer ſix dents du rochet; on marquera une ſeconde diviſion, & ainſi de ſuite, juſqu'à ce que l'on ait fait le tour; mais pour faciliter l'exécution du pignon, on ne fera pas mal de le diviſer en un nombre de parties double de celui des dents qu'il doit avoir, c'eſt-à-dire, en ſeize parties, dont huit pour régler l'endroit du vuide de la dent, & huit pour le ſommet des dents; on ôtera le pignon de

deſſus ſon quarré ; & pour le fendre, on le fera entrer à force ſur un arbre liſſe un peu long, afin de donner la liberté de mouvoir la lime. Pour les enfoncements du pignon, on ſe réglera d'abord ſur la profondeur de la portée.

1090. Le pignon étant fendu, on l'arrondira & on l'égaliſera en préſentant le calibre à pignon ; on paſſera la lime à efflanquer ; on le remettra ſur le tour pour faire ſur le devant des ailes un trait fin qui regle la profondeur des dents ; on les enfoncera toutes également ſelon ce trait, & on paſſera au fond une lime douce à égalir pour terminer le bas des dents ; & pour achever les dents, on ſe ſervira d'une lime douce à arrondir ; enſuite avec du bois blanc & de la pierre à huile broyée, on adoucira les dents, & le fond, on le remettra ſur le tour afin d'achever de tourner l'aſſiette pour la poulie & la portée ; les bords de poulie ſerviront à indiquer juſte la quantité dont il faut reculer cette aſſiette ou portée, pour avoir dequoi la river : on obſervera qu'il ne faut la reculer que de cette quantité juſte, parce qu'il faut que la poulie étant entrée ſur ſon quarré, & juſte au fond, elle approche aſſez près de la platine pour tourner librement ſans y toucher.

1091. On ôtera le pignon de deſſus ſon quarré, & on aggrandira le trou de la poulie juſqu'à ce qu'il entre bien à force ſur la portée du pignon, ayant l'attention d'aggrandir ce trou bien droit, pour que la poulie étant rivée, elle ne tourne pas de travers : il eſt même à propos, pour prévenir ce défaut, de préſenter la poulie ſur un arbre liſſe à meſure qu'on en aggrandit le trou, afin de voir à redreſſer ce trou avec l'équarriſſoir : le trou aggrandi avec ces précautions, & de la grandeur convenable, on le fera entrer ſur l'arbre liſſe, & on s'en ſervira pour tourner les bords & les arrondir en dedans de la rainure, afin que les angles ne puiſſent pas couper le cordon qui doit l'entourer ; on tournera de même légérement les côtés extérieurs de la poulie, & juſqu'au centre ; par ce moyen, lorſqu'elle ſera rivée ſur le pignon, elle ſe retrouvera droite & ronde, comme elle étoit ſur l'arbre.

1092. Avant de chasser la poulie sur sa portée pour la river, il faut mettre le petit côté du trou en chanfrein pour contenir la rivure du pignon; lorsqu'on l'aura chassé sur le pignon, il faudra marquer par un point sur le dessous de la poulie, le repaire qui étoit fait sur le pignon; & pour qu'en rivant on ne donne pas des coups de marteau contre le trou, capables de faire tourner mal rond la poulie, il faudra creuser légérement contre ce trou, mais sans toucher ni diminuer l'endroit de la rivure : pour river ce pignon, on en fera poser la face sur un morceau de plomb uni, ou sur un tas poli, sur lequel on mettra une carte, afin de ne pas *gâter* cette face; & avec la pane d'un marteau moyen, on rabattra la rivure, jusqu'à ce qu'on voie qu'elle fixe parfaitement le pignon sur la poulie; on conservera, pour plus de solidité, la partie de la rivure qui saillera au-dessous de la poulie; ainsi celle-ci sera élevée de cette quantité seulement au-dessus de la platine, c'est-à-dire, environ $\frac{1}{4}$ de ligne, en supposant que l'on a reculé le quarré à fleur de la platine, & non plus bas; car dans ce dernier cas, il auroit fallu réserver au centre du pignon, une petite têtine pour élever la poulie de manière qu'elle ne puisse frotter contre la platine.

1093. La poulie & son pignon ainsi enarbrés, il faudra faire les dents du rateau *b R u*; ce qui sera facile, si l'on a une machine à fendre; car alors toute la difficulté consiste à trouver le nombre sur lequel on doit le fendre, pour que ses dents soient juste de la grandeur requise pour l'engrenage. Nous en avons donné la méthode (344) : ainsi puisque le pignon a deux lignes de rayon, & qu'il porte huit dents; que le rateau ait, je suppose, quinze lignes de rayon, on fera la proportion : Si deux lignes de rayon donnent huit dents, combien quinze lignes en donneront-elles? On trouve, en faisant la règle, que le rateau doit être fendu sur le nombre 60; mais comme c'est le pignon qui mène, il faudra que les dents du rateau soient un peu plus petites : ainsi on le fendra sur 58; & comme le pignon a huit dents; & qu'il

doit faire un tour entier, on fera dix à onze dents ſur le rateau, afin d'en avoir une ou deux de reſte pour changer l'engrenage, s'il en eſt beſoin.

1094. Si l'on n'a pas de machine à fendre, voici une méthode dont on pourra ſe ſervir pour diviſer le rateau : on prendra un petit morceau d'acier épais, comme le rateau, long d'un pouce environ, & large de deux lignes ; on fera ſur un bout une fente angulaire qui ait pour largeur l'intervalle du ſommet d'une des dents du pignon à l'autre, moins la 8e partie de cette diſtance : on terminera en angle les deux côtés, afin qu'ils ſervent à marquer les dents ſur le bord du rateau; mais avant de marquer le rateau avec cet outil, il eſt à propos de prendre un morceau de laiton mince qu'on coupera au trait du compas, ſelon la même grandeur du rateau; on ſe ſervira de cette pièce pour faire eſſai de l'outil : pour cet effet, on attachera le laiton d'eſſai à l'étau; on appuiera l'outil ſur le bord du laiton, & avec un marteau on frappera ſur l'outil, enſorte que celui-ci faſſe deux petites entailles au rateau d'eſſai; cela fait, on avancera l'outil d'un cran ; & tandis qu'une dent angulaire poſe dans l'entaille, on frappe, & l'autre dent marque une troiſième diviſion; quand on aura fait cinq ou ſix diviſions, on y fendra des dents que l'on arrondira & que l'on préſentera au pignon pour voir s'il eſt d'engrenage; ſi cela n'eſt pas, on corrigera l'outil juſqu'à ce qu'il ſoit convenable; alors on s'en ſervira pour marquer le bord du rateau, & l'on fendra ce rateau par les marques faites, & ſelon un trait de compas qu'il faudra donner pour régler la profondeur des dents, & relativement à leur groſſeur (781) : on en fendra 11, qu'on égaliſera à meſure avec le calibre à pignon; on les arrondira & on les terminera comme les dents d'une roue, mais en les tenant fortes du fond, pour qu'elles ſoient ſolides.

1095. Les dents du rateau étant faites, on pourra le poſer; mais il faudra premiérement faire un canon pour le river, & dont le trou ſoit de la groſſeur propre à rouler

ſur une broche *a b* (*fig.* 14), qui ait environ ¾ de ligne de diametre, & cinq lignes de longueur.

1096. Pour déterminer la hauteur où le rateau doit être placé, on obſervera que les chevilles attachées ſur la poulie (*fig.* 2), doivent paſſer ſous le rateau : or ces chevilles doivent avoir près d'une ligne de longueur, & le deſſus de la poulie étant, je ſuppoſe, élevé de deux lignes au-deſſus de la platine, il faudra que le deſſous du rateau ſoit diſtant de trois lignes de la platine.

1097. Pour faire l'aſſiette du rateau, on prendra du fil de laiton qui ait 4 lignes ½ de groſſeur; on l'écrouira bien dur, & on le coupera de 5 lignes ½ de long; on le percera bien droit avec un foret de ¾ de ligne; on aggrandira le trou pour le rendre uni, & de la figure de l'équarriſſoir; on fera entrer cette aſſiette ſur un arbre liſſe; on la tournera ronde; mais avant d'en former les canons & l'aſſiette, il faut faire la broche (*fig.* 14), ſur laquelle elle doit rouler.

1098. Pour faire la broche du rateau, on prendra de l'acier quarré qui ait deux lignes ½ de groſſeur; on le coupera d'un pouce de long environ; on ébauchera les deux bouts *a b*; l'un *a*, pour y former la vis : on lui donnera quatre lignes de longueur; on réſervera une tête *c* qui ait ¾ de ligne d'épaiſſeur, & on limera le reſte *c b* en rond, mais plus gros qu'il ne faut pour entrer dans le trou du canon, afin d'avoir de quoi le tourner parfaitement rond; on fera les deux bouts en pointe; on placera ſur le bout *b* un cuivrot; on tournera le bout *a* pour la vis, & de même la portée qui pourra avoir près d'une ligne de groſſeur, on taraudera le bout *a*; enſuite on ôtera le cuivrot qui eſt ſur le bout *b*, & on en placera un ſur la vis *a* pour tourner la broche *c b* juſqu'à ce qu'elle entre très-juſte dans le trou du canon : on fera uſage des précautions indiquées (911); & pour que le bout du canon ne frotte pas contre les angles de la tête *c*, on abattra ces angles pour former une portée : on polira la broche. Il faut conſerver la tête *c* quarrée comme elle eſt dans la figure, parce qu'elle ſert à faire entrer la broche dans

le trou que l'on fait à la platine pour l'y attacher ; on ſe ſert, pour cela, de *tenailles à boucles*, ou de *pinces à goupilles*.

1099. Il faut obſerver que les broches doivent être plus longues que les canons qui ſe meuvent deſſus, afin qu'on puiſſe faire à travers chaque broche un trou pour y mettre une goupille, qui empêche le canon de ſe mouvoir ſelon ſa longueur.

1100. On placera cette broche à l'endroit qui a été marqué ſur la ſeconde platine pour le centre *u* du rateau ; mais il faudra mettre la première roue de répétition en cage, & la poulie ſur ſon quarré, afin de voir ſi l'engrenage du rateau avec ſon pignon, ne demande pas de rapprocher ou d'éloigner un peu le centre du rateau de celui du pignon; on percera donc le trou ſelon que l'engrenage l'exigera ; mais pour le faire plus ſûrement, on pourroit placer le rateau ſur un arbre liſſe ou à vis, que l'on mettroit ſur l'outil d'engrenage, ainſi que la première roue de répétition avec la poulie ſur ſon quarré ; on marqueroit le point de l'engrenage ſur le dehors de la ſeconde platine, & on perceroit le trou ſans changer la direction du rateau.

1101. En perçant le trou pour la broche du rateau, il faudra avoir grande attention à le faire perpendiculairement au plan de la platine, afin que la broche ſoit droite, & que par conſéquent le rateau ſoit parallele à la platine.

1102. Le trou du rateau étant percé, on le taraudera, & on y fera entrer la vis de la broche, juſqu'à ce que la tête poſe exactement ſur la platine ; on mettra le canon ſur ſa broche, & on marquera l'endroit où l'on doit former l'aſſiette pour le rateau; il faudra que cette aſſiette ſoit en deſſus : ainſi on levera d'abord une portée *a* (*fig.* 15) propre à donner de l'aſſiette au rateau ; & pour avoir la rivure, on fera une ſeconde portée *b* ſelon l'épaiſſeur du rateau, ce qui formera le canon *b* : pour que l'aſſiette ne ſoit pas trop épaiſſe, on la dégagera en deſſus, pour former un petit canon *d* ; on aggrandira le trou du rateau, pour y faire entrer juſte

juste la portée *a*, & l'on présentera le rateau avec son assiette sur la broche, afin de voir si la portée est reculée convenablement, pour qu'il reste trois lignes entre la platine & le dessous du rateau; si cela n'est pas, on reculera la portée, si elle ne l'est pas assez; ou si elle l'est trop, on accourcira le bout du canon *c*; ensuite on adoucira l'assiette & les canons, & on mettra le trou du rateau en chanfrein, & on rivera l'assiette sur le rateau: puis il faudra examiner l'engrenage. S'il est trop fort ou trop foible, on aggrandira le trou de la broche (fait à la platine) pour le reboucher & le percer ensuite selon qu'il sera convenable pour l'engrenage.

1103. Le rateau étant posé à la hauteut requise, il donnera l'élévation du *tout-ou-rien* *T o V* (*fig.* 2), lequel doit passer par-dessus le rateau, on ébauchera donc l'assiette *T* comme on a fait celle du rateau; on peut la percer sur la même grosseur de broche, & lui donner la même longueur; on fera la broche, & on la posera à l'endroit marqué sur la seconde platine; on tournera l'assiette convenablement, pour élever le tout-ou-rien au-dessus du rateau; on le rivera, & on percera en *y* un trou à la platine, sur le milieu de la largeur marquée pour le tout-ou-rien, (il ne faut pas que ce trou puisse gêner le mouvement du rateau) ce trou servira à y placer une broche à vis *y* (*fig.* 16), dont la hauteur entre les deux bases soit la même que le dessous du tout-ou-rien; on attachera cette broche à la platine, & ayant mis le tout-ou-rien sur la broche, on marquera le point *y* où cette broche le touche; on percera un trou au tout-ou-rien, pour y faire entrer le pivot *a* dans le milieu de sa largeur: la rainure faite au pivot de la broche *y*, sert à y arrêter le ressort *d* du tout-ou-rien, & à empêcher que le tout-ou-rien ne s'écarte de la base *a*, sur laquelle il peut seulement décrire la portion de cercle donnée par l'ouverture *y*. Le bout *o* du tout-ou-rien doit être assez long pour venir en *o*, à côté du centre *f*, ensorte que *o T* soit tangente (331) à *o f*, & le bout *o* doit être distant de *f* d'une ligne $\frac{1}{2}$: on observera donc ces dimensions, en perçant le trou *y*, qui

ne doit être alongé qu'après qu'on aura taillé le limaçon des heures.

1104. Maintenant pour déterminer l'élévation du limaçon des heures, de l'étoile, & du limaçon des quarts, on se réglera sur la hauteur du rateau; le limaçon des heures devant être élevé de la même quantité, qui est trois lignes en dessous : or comme le limaçon des heures est fait de même épaisseur que le rateau, on aura en dessous de ce limaçon & entre la platine trois lignes, que l'on employera pour l'étoile, le limaçon des quarts & la surprise, en ménageant des jours entre ces pieces : on pourra donc placer le limaçon des quarts à une demi-ligne de la platine; & comme le limaçon & la surprise ont une demi-ligne chacun, le dessus de la surprise sera élevé d'une ligne $\frac{1}{2}$ au-dessus de la platine, ensorte qu'il restera une ligne $\frac{1}{2}$ pour loger l'étoile; on pourra donc l'élever d'un quart de ligne au-dessus de la surprise; & comme elle a une demi-ligne d'épaisseur, il restera un jour de $\frac{3}{4}$ de ligne entre le dessus de l'étoile & le dessous du limaçon des heures.

1105. Il faut observer, par rapport à l'élévation des pieces de la cadrature, qu'elle doit être relative à la place qu'il y a dans la boîte dans laquelle on la pose; & que la verge du pendule devant passer par-dessus les broches, & le timbre au-dessus de la place du pendule, il faut distribuer les hauteurs en conséquence.

1106. Pour placer ces pieces selon cette élévation, on commencera par le limaçon des quarts; pour cet effet, il faut faire le quarré *a* (*fig.* 6) du pivot prolongé de la roue de renvoi; ce quarré doit être fait à fleur du dehors de la seconde platine; on prendra, pour faire l'assiette du limaçon, du fil de laiton qui ait environ deux lignes $\frac{1}{2}$ de grosseur, & pour longueur celle du quarré; on percera cette assiette, & on étampera le trou pour le faire entrer bien juste sur le quarré; on tournera cette assiette, & on levera une portée, pour y river la plaque qui doit servir à former le limaçon des quarts; on reculera cette portée, de sorte que le dessous du limaçon soit élevé de demi-ligne sur la platine : cette assiette est re-

préfentée (*fig.* 17); *a* eft l'affiette qui doit être à fleur de la platine; *b*, la portée fur laquelle doit être fixé le limaçon, & *c* la feconde fur laquelle la furprife doit tourner; on rivera donc le limaçon fur cette affiette, & on fera entrer la furprife fur la portée *c*; on fera à fleur de la furprife une troifieme portée qui formera le canon *d*; on fera entrer deffus un fecond canon *e* à frottement, lequel portera une petite affiette propre à recouvrir la furprife, pour l'empêcher de s'éloigner du limaçon, laiffant feulement la liberté à la furprife de tourner.

1107. Le limaçon des quarts & la furprife étant faits, il faudra arbrer le limaçon des heures; pour cet effet, on percera à la feconde platine, à l'endroit où fon centre eft marqué, un trou qui ait une ligne de groffeur. Pour faire l'affiette ou canon fur lequel l'étoile doit être rivée, on prendra du fil de laiton qui ait cinq lignes de groffeur, & on le coupera de la longueur de l'intervalle qu'il y a depuis le deffous du tout-ou-rien, jufqu'au dedans de la feconde platine : de cette maniere on lui donnera le plus de longueur qu'il fe pourra, ce qui eft un avantage; car plus un canon eft long, & moins la piece, que l'on rive deffus, eft fujette à vaciller; on doit donc tenir les canons qui portent les pieces de cadrature, le plus longs qu'il eft poffible, & les ajufter avec beaucoup de précifion fur leurs broches; c'eft pour cette raifon que nous avons prefcrit la méthode de faire toujours le trou du canon le premier; & de tourner la broche felon la figure du trou, & enforte que les deux extrémités du canon portent fur la broche; on peut donner, à-peu-près, la même groffeur à toutes les broches, c'eft-à-dire, environ $\frac{3}{4}$ de ligne; on percera donc le canon de l'étoile; on l'aggrandira; enfuite on le tournera; on levera au *petit bout* (j'appelle petit bout d'un canon celui où le trou eft moins grand) un canon de la groffeur du trou (& tellement qu'il refte autour du trou de la broche une force fuffifante à ce canon) percé à la platine, & qui la traverfe feulement : alors on préfentera le tout-ou-rien par-deffus, &

on reculera le grand bout du canon, jusqu'à ce qu'il affleure juste le dessous du tout-ou-rien ; alors on levera la place de l'étoile, l'assiette devant être en-dessus & rivée par-dessous ; on rivera l'étoile à la hauteur désignée (1104) ; on formera sur le gros bout du canon un petit canon pour y faire entrer le trou de la plaque qui doit former le limaçon des heures, & on reculera la portée jusqu'à ce que ce limaçon soit à la même hauteur que le rateau ; on aura attention à conserver la base ou assiette contre laquelle ce limaçon pose de toute sa grandeur, qui est la même de l'assiette de l'étoile ; cette assiette aura l'épaisseur de l'intervalle qu'il doit y avoir de l'étoile au limaçon, lequel nous avons fixé à $\frac{3}{4}$ de ligne ; on tiendra la base de cette assiette bien plate, ou plutôt un peu creusée devers le centre, afin que le limaçon *plaque* bien.

1108. Le limaçon des heures sera rendu fixe avec l'étoile, au moyen de deux petites vis qui traverseront l'assiette dans laquelle elles seront taraudées ; elles seront placées à égales distances du canon du limaçon.

1109. Le limaçon & l'étoile ainsi enarbrés, on fera la vis ou broche *V* (*fig.* 18) ; cette broche est taraudée devers sa tête *V*, pour entrer sur le tout-ou-rien, sur lequel elle s'attache ; on fera la partie taraudée d'un peu plus d'une ligne, afin qu'il reste au fond des pas une petite portée, & que la broche soit de la grosseur requise, pour entrer dans le canon de l'étoile : cette portée doit être faite à fleur du dessous du tout-ou-rien, ainsi il ne restera de partie taraudée, que celle de l'épaisseur du tout ou rien ; la tête *V* ne differe pas de celle d'une vis ordinaire,

1110. On fera le sautoir *YM* (*fig.* 2) avec de l'acier qui ait une épaisseur double de celle de l'étoile ; on lui donnera la longueur & la figure marquée sur le calibre ; on percera le trou pour le canon, ce trou peut être d'une ligne $\frac{1}{2}$ de grosseur ; on percera le canon, auquel on peut donner cinq lignes de longueur : on fera la broche, on la posera ; ensuite on marquera l'élévation de l'assiette du canon, afin de river le

ſautoir, de ſorte qu'il ſoit juſte à la hauteur de l'étoile qu'il doit *déborder* autant par-deſſus que par-deſſous. On obſervera, en poſant le ſautoir, qu'il faut que l'angle *M* ſoit dans le milieu de l'intervalle des dents de l'étoile, lorſqu'il appuie deſſus, & qu'en cet état il doit y avoir une dent de l'étoile, qui ſoit dirigée au centre du limaçon des quarts.

1111. Pour faire le canon de la piece des quarts, on obſervera qu'il ne peut pas être fort long, à cauſe qu'il faut que la fourchette d'échappement *F*, (*fig.* 2.) paſſe par-deſſus, ſans que par le mouvement de vibration du pendule, elle y puiſſe toucher : or pour régler la hauteur de la fourchette, il faut conſidérer qu'elle doit paſſer par-deſſus le reſſort de tout-ou-rien, c'eſt-à-dire, à ſix lignes de diſtance de la platine; ainſi la broche de la piece des quarts ne pourra être élevée que de ſix lignes ; & pour avoir la longueur du canon, il faut ſouſtraire la place de la goupille & la tête de la broche; mais pour avoir un canon plus long, on fera une broche pareille à celle de l'étoile, & qui eſt vue (*fig.* 18) : ainſi la tête de la broche ſera en dedans de la platine, & le canon ira affleurer le dehors de la platine. Pour faire le canon, on prendra du fil de laiton qui ait deux lignes $\frac{1}{2}$ de groſſeur; on l'écrouira, on le coupera de cinq lignes de longueur; on le percera & on le tournera : l'aſſiette pour la piece des quarts *Q* ſera en deſſous au raz de la platine : on reculera la portée juſqu'à ce que la piece des quarts affleure la ſurpriſe & le limaçon des quarts; on rivera la piece des quarts; enſuite on fera la broche que l'on fixera à la platine, & dont la portée ſera à raz, enſorte que la piece des quarts ſera à la même hauteur que la ſurpriſe & le limaçon des quarts.

1112. Il faut que le doigt *D* porte un canon qui roule autour de celui de la piece des quarts : or, pour que le canon du doigt ait toute la longueur qu'on peut lui donner, on le fera deſcendre au raz du deſſus de la piece des quarts ; on tournera donc ce canon des quarts à fleur de ce deſſus, & on le diminuera, enſorte qu'il reſte une force ſuffiſante

autour du trou de la broche. Pour faire le canon du doigt, on prendra du fil de laiton écroui, qui ait environ trois lignes de grosseur, & pour longueur, celle du petit canon de la piece des quarts, ou demi-ligne de plus, afin d'avoir de quoi tourner; on fera ce canon, dont le trou n'entrera pas tout-à-fait sur le canon des quarts: on rivera sur ce canon le doigt *ziq*; & pour achever l'ajustement, on tournera le petit canon des quarts jusqu'à ce qu'il y entre libre & juste, afin que le doigt ne puisse pas vaciller.

1113. La piece des quarts & le doigt ainsi placés, il faudra percer le trou de la cheville *z*; lorsque ce trou est percé au doigt, on perce la piece des quarts, afin de former la petite ouverture dans laquelle cette cheville doit entrer, pour permettre le mouvement rétrograde du doigt. Pour percer le trou à la piece des quarts, il faut que pendant que le bout *k* pose sur le bord de la plaque du limaçon *hk*, le bout *q* du doigt appuye contre les dents du pignon : on fait ensuite rétrograder le doigt jusqu'au bord de la poulie, & on perce encore un trou à la piece des quarts pour le jeu de la cheville; on forme l'entaille selon ces deux trous, & ensuite on rive la cheville *z* qui doit traverser l'entaille, pour affleurer le dessous de la piece des quarts; si l'entaille gêne la cheville, on l'aggrandit convenablement sur la largeur, mais sans toucher à sa longueur; alors on fait, & on pose le ressort *B*, qui doit avoir une force suffisante pour ramener le doigt quand on l'écarte du pignon en même-temps que le bout *k* appuie sur le bord de la plaque du limaçon : le ressort peut appuyer contre la cheville du doigt, & passer par conséquent entre le bras *Q* & la piece des quarts, si la distance est assez grande ; sinon on la fait appuyer sur le bras *z* même. Quand cela est ainsi préparé, on accourcit un peu le bras *k*, ensorte qu'il ne pose pas tout-à-fait sur le bord du limaçon, mais qu'il en soit distant d'environ demi-ligne, afin que lorsque la piece est finie, le limaçon des quarts, en tournant, ne vienne pas arcbouter contre le doigt, & ne fasse arrêter l'Horloge.

1114. On fera le reſſort *p*, & on le poſera comme il eſt dans la figure : ſon action ſe fait ſur une cheville fixée en deſſous de la piece des quarts près du centre : or, comme cette piece n'eſt éloignée de la platine que d'une demi-ligne, on voit qu'il faut que ce reſſort ſoit fort étroit ; au reſte, il n'a pas beſoin de beaucoup de force, mais ſeulement de celle qui eſt requiſe pour faire deſcendre ſûrement la piece des quarts ſur les degrés du limaçon.

1115. Le reſſort du valet ou ſautoir ſera poſé en *g*, il appuiera ſur une cheville placée près du centre du ſautoir en deſſous, en *Y* : il faut obſerver ; par rapport à ces chevilles pour les reſſorts, qu'elles doivent toujours être placées dans une ligne *Yg* qui va du centre *Y* de la piece mobile aux points *g* d'inflexion du reſſort. On donnera au reſſort du valet la force néceſſaire pour contenir l'étoile : pour en juger, il faut terminer les côtés du ſautoir qui forment l'angle *v*, & les bien adoucir, afin que les pointes de l'étoile gliſſent facilement ſur les plans inclinés ; on terminera par la même raiſon les pointes de l'étoile que l'on adoucira, en ôtant un peu de ſes angles, pour que cela ne gratte pas les plans.

1116. Lorſqu'on aura fait ces reſſorts de cadrature, on fera produire les effets du tout-ou-rien avant de faire ſon reſſort : pour cet effet, on mettra en cage les baſcules des heures & des quarts, les tiges de marteau & la roue de cheville : on mettra la poulie ſur ſon quarré ; & à travers l'ouverture *o* de la platine, on marquera la place de la cheville *xe* (*fig.* 13) ; pour en déterminer la place, on fera tourner la poulie en avant, ce qui fera échapper & frapper les tiges de marteau : il faut que le point marqué pour la cheville *o* n'approche pas aſſez de la poulie pour pouvoir y toucher ; on fera enſuite rétrograder la poulie ; ce qui fera renverſer les baſcules ; alors il faut que le point marqué pour la cheville vienne juſqu'au point *o* qui eſt celui du bout du tout-ou-rien ſur lequel il doit s'arrêter ; ſi ce point marqué n'y vient pas tout-à-fait, on le marquera de

ce côté avec une pointe de foret ou autre ; ce qui ne sera que mieux, parce que la cheville *o* approchera moins de la poulie, lorsque la poulie tourne en avant, & que les marteaux frappent ; car si la cheville *o* venoit à y toucher, on seroit obligé de diminuer la poulie, pour qu'elle n'empêchât pas les marteaux de frapper.

1117. Pour marquer la position de cette cheville, il ne faudra pas que le tout-ou-rien soit mis en place, il faut seulement marquer son extrémité *o* sur la platine, afin de se régler en conséquence pour la position de la cheville : on percera par le point marqué au bras *x* de la bascule (*fig.* 13) un trou qui ait une demi-ligne de diametre ; on le taraudera, & on fera sur le même taraud une vis *x e*, taraudée de l'épaisseur du bras *x*, dont la tête sera en dessous, & dont la partie *x e* de la vis sera tournée & de longueur propre à affleurer le dessus du bout *o* du tout-ou-rien (*fig.* 2) : cela fait, on remettra les bascules & les tiges de marteau en cage : on formera l'ouverture *y* que l'on alongera petit-à-petit de *y* en *r*, jusqu'à ce qu'en rétrogradant la poulie, la cheville *o* passe sur l'angle du tout-ou-rien, en même temps que les bascules sont renversées ; le bout *o* doit être un peu incliné, afin qu'en ramenant le tout ou rien, son action sur la cheville fasse un peu écarter le derriere des bascules de dessus les chevilles, afin de les mettre tout-à-fait hors de prise, & que, si l'on ne tire pas totalement le cordon, les bascules ne puissent arcbouter contre les chevilles, & arrêter le rouage, & par conséquent l'Horloge ; puisqu'alors (nous supposons toute la machine fixée & en mouvement) le bras *k* de la piece des quarts descendroit sur les degrés du limaçon, ensorte que le devant *h s* étant parvenu contre le bout *k*, arrêteroient le limaçon, suspendroit toute la force motrice de l'Horloge.

1118. Ayant fait produire l'effet du tout-ou-rien, on fera le ressort *d y*, lequel devra appuyer contre la broche *y* fixée à la platine & en dessus, afin qu'après que la cheville *o* a écarté le tout-ou-rien, pour parvenir sur le bout *o*, la pression de

de ce reſſort ramene le tout-ou-rien, & acheve d'écarter les baſcules : ainſi il faut que ce reſſort ſoit aſſez roide, pour obliger le petit plan incliné de faire rétrograder les baſcules, & par conſéquent le petit reſſort *h* (*fig.* 13), qui ſert à les ramener en priſe : le bout de ce reſſort doit entrer dans la rainure faite à la broche, ainſi que nous l'avons dit (1103).

1119. Il faut maintenant tailler le limaçon des quarts : pour cet effet, on ôtera la ſurpriſe, & on marquera l'enfoncement des degrés du limaçon : celui *h*, eſt donné par le bord de la plaque, & le plus profond, 3, dépend de la grandeur de la poulie. On élevera donc la pièce des quarts, pour la faire paſſer par-deſſus la plaque; & on la fera approcher du centre *s*, juſqu'à ce que le bout *q* du doigt ſoit diſtant d'une ligne du bord de la poulie *P*, quantité néceſſaire, pour que l'épaiſſeur de la cheville, qui doit être au bord de la poulie, ne vienne pas arcbouter ſur le bout *q* du doigt : dans cet état, on marque un petit trait ſur la plaque du limaçon, bien au raz du bout *k* de la pièce des quarts; cette marque déſignera donc le troiſième degré du limaçon des quarts. On démontera la roue de renvoi; on placera le limaçon deſſus; & on fera ſur le tour un trait de burin fixe qui paſſe par la marque du 3e degré : on diviſera l'intervalle 3 *Q* du limaçon en trois parties égales pour les 3 degrés des quarts : on fera ſur le tour des traits de burin qui paſſent par les diviſions; on remontera la roue de renvoi, & on placera la plaque des quarts ſur ſa tige. Alors on prendra un compas (*Pl. XVII*, *fig.* 1), dont la pointe *à champignon E*, porte au bout un petit trou conique; on fera poſer ce point conique ſur la broche *i* de la pièce des quarts, tandis que l'autre jambe ſera ouverte de la grandeur *i k* de la pièce des quarts : on tracera un trait ſur la plaque du limaçon, avec cette ouverture de compas; & par la ſection de ce trait, avec la première diviſion des quarts, on diviſera le cercle de cette première diviſion en quatre parties qui détermineront les degrés du limaçon; & pour ſavoir de quel côté

du trait de compas doit commencer le premier degré ; on remarquera que le limaçon tourne de *h* en *k*, & que le bord *h* ſert à faire préſenter le doigt tout près du pignon de la poulie, & à arrêter le rouage de répétition, immédiatement après que l'heure eſt frappée : on ſera donc en 1 le premier degré du limaçon, & ainſi de ſuite, juſqu'au degré 3, on en marquera les enfoncements par les points de diviſion avec l'ouverture de compas qui a ſervi à faire le trait *h s*. Le limaçon ainſi tracé, on le limera bien juſte, ſelon les traits de diviſion ; après qu'il ſera taillé, on le placera ſur ſon quarré, & on mettra en place l'étoile, le tout-ou-rien & le valet *Y*, afin de marquer la poſition de la vis *c* qui doit faire mouvoir l'étoile.

1120. Il y a pluſieurs choſes à conſidérer ; pour déterminer la poſition de la cheville *c* : la première, c'eſt qu'il faut qu'elle ſoit placée aſſez diſtante du centre *s* du limaçon, pour pouvoir faire avancer ſûrement la dent 3 de l'étoile *E*, juſqu'à langle *M* du valet : la ſeconde, c'eſt que dans l'inſtant que cette dent eſt parvenue à l'angle du valet, il faut que le point angulaire *h* du bord du limaçon ſoit diſtant d'un quart de ligne du bout *k* de la pièce des quarts, qui eſt ſuppoſée poſer actuellement ſur le degré 3 ; enſorte que par cette précaution, on eſt aſſuré que l'inſtant avant que l'étoile *détende*, c'eſt-à-dire, avant qu'elle ſoit parvenue à l'angle du ſautoir, pour que celui-ci la faſſe tourner en avant, ſi on tire le cordon, la répétition ſonnera les trois quarts ; & l'inſtant après que le ſautoir a fait ſon effet, & que l'étoile eſt *détendue*, ſi on tire le cordon, il ne ſonnera pas de quarts, à cauſe de l'effet de la ſurpriſe (116) : troiſiémement, il faut conſidérer que, pour produire l'effet de la ſurpriſe, la cheville *c* doit être aſſez groſſe pour que l'étoile étant chaſſée par le ſautoir, vienne appuyer contre le dehors de la vis *c*, afin de la faire avancer, & en même-temps la ſurpriſe qui la porte. Enfin, il faut que cette vis *c* ne ſoit pas trop près du bout d'un degré : car ce degré devra être accourci de l'épaiſſeur *h Q* du bras de la pièce des quarts, opération qui ne ſe fait que lorſque les

aiguilles de l'Horloge ſont ajuſtées : c'eſt pour prévenir cet obſtacle, & pour éloigner, autant qu'il ſe peut, la cheville des degrés, en la plaçant près du centre, qu'il faut que l'étoile approche le plus près poſſible du centre du limaçon ; pour cela, il faut tenir les canons de ce limaçon fort petits. Il ſuit d'ailleurs de cette diſpoſition, que l'étoile charge moins le rouage de l'Horloge.

1121. Pour marquer la poſition de la vis *c*, on ſe ſervira du bout d'un arbre liſſe, dont on poſera la pointe ſur le limaçon, que l'on fera tourner avec la pointe de l'arbre, juſqu'à ce que l'étoile détende ſelon les reglés que nous avons preſcrites : on changera donc la poſition de la pointe en conſéquence ; on changera même d'arbre liſſe, que l'on prendra plus gros, ſelon qu'il ſera beſoin pour produire l'effet de la ſurpriſe, qui doit être tel, qu'après que l'étoile aura détendu, il faut que la dent qui vient appuyer ſur le derrière de l'arbre, faſſe avancer l'angle *h* du limaçon, juſques au dedans de l'épaiſſeur du bras *k* de la piece des quarts : mais ſi l'arbre exigeoit plus d'une ligne, pour produire un tel effet, on placeroit, au lieu d'une vis, deux chevilles diſtantes entr'elles de la quantité requiſe.

1122. La place de la cheville ainſi trouvée, on percera un petit trou à cet endroit ſur le limaçon des quarts ; on donnera $\frac{1}{3}$ de ligne environ au foret qui devra le percer : pour percer ce trou, on appliquera la plaque de la ſurpiſe ſur le limaçon des quarts, & on percera, en les tenant fixes enſemble : le trou fait au limaçon, c'eſt dans ce trou de la ſurpriſe que devra être fixée la vis *c* ; on percera vers *v*, à travers la ſurpriſe & le limaçon, un trou de même grandeur que celui fait pour *c* ; on taraudera le trou fait en *c*, & on fera ſur la même groſſeur la vis, dont la tête devra avoir pour diametre celui de la pointe de l'arbre à vis, dont on s'eſt ſervi pour en trouver la poſition ; & pour en déterminer la groſſeur plus exactement, on la tiendra d'abord plus groſſe, afin de la diminuer, s'il en eſt beſoin, après qu'on l'a préſentée attachée ſur la ſurpriſe & paſſant par le trou du limaçon,

pour faire détendre l'étoile : on donnera à la tête de la vis la hauteur requise, pour qu'elle affleure bien juste le dessus de l'étoile ; on polira cette tête, on la coupera en conséquence, on en fendra la tête, & on la mettra sur la surprise; on coupera le bout de la vis à fleur du dessous de la plaque de la surprise : on chassera à force, par le dessous du limaçon, une cheville qui saillira en dessus de l'épaisseur de la plaque de la surprise : on fera entrer le trou de la surprise fait en *v* sur cette cheville ; on appliquera le petit canon qui recouvre la surprise pour la retenir : alors on placera le limaçon sur son quarré, & on fera détendre l'étoile ; à cet instant on marquera sur le bord de la plaque le bout *k* du doigt, par un petit trait de lime : on prendra le compas ; & avec l'ouverture *i k*, on tracera le devant *h s* de la surprise, que l'on reculera de $\frac{1}{4}$ de ligne de plus que le trait de lime. On auroit pu se régler, pour tracer le devant de la surprise, sur celui du limaçon des quarts ; mais si, en plaçant la vis *c*, on eût un peu trop fait reculer le devant *h s*, on corrigeroit l'erreur par cette précaution ; cela fait, on marquera tout au tour le dessous de la plaque de la surprise, le contour du limaçon, avec une pointe aigue comme celle d'une aiguille, & on limera la surprise selon la figure *h c s*, en ménageant le devant, qui doit être limé bien juste, selon le trait de compas *h s* ; on fera l'ouverture *v* pour le jeu de la surprise ; on observera, pour cela, que lorsque la dent de l'étoile retombe sur le derrière de la vis, elle doit faire avancer la surpise, indépendamment du limaçon qui doit être supposé fixé ; ainsi le côté *v* du trou ne doit pas être aggrandi ; mais l'ouverture doit être faite au contraire de *v* en 1 de la quantité requise, pour que la dent cesse d'agir sur le derrière de la vis, & que le sautoir ait repris son repos.

1123. Pour achever tout ce qui concerne les effets de la cadrature, il faudra remonter tout le rouage de répétition, les bascules, les verges de marteau : on mettra des goupilles à la cage, & de l'huile aux pivots : on mettra

en cage la roue de renvoi & le limaçon, la poulie & la pièce des quarts avec le doigt & les ressorts : en cet état, on déterminera la position des chevilles attachées à la poulie, pour qu'elles arrêtent alternativement le rouage : 1°, Immédiatement après que l'heure est frappée, ce qui doit arriver lorsque le bras *k* de la pièce des quarts pose sur le bord *h* du limaçon : 2°, aussi-tôt après que le premier quart est frappé, ce qui doit arriver lorsque la pièce des quarts pose sur le degré du limaçon qui est marqué par 1, & ainsi de suite, jusqu'au troisième quart.

1124. Pour trouver la position de ces chevilles, il y a deux choses à considérer : 1°, la distance où elles doivent être du centre de la poulie, pour ne pas arcbouter contre le bout *q* du doigt, à mesure que la poulie avance : & la seconde, ce sont leurs positions plus ou moins avancées sur les cercles sur lesquels on conçoit que ces chevilles doivent être placées, pour arrêter la poulie immédiatement après que les marteaux, ou ce qui revient au même, les tiges qui les représentent ont frappé l'heure, ou bien l'un ou l'autre des quarts.

1125. Pour trouver la première de ces positions, on placera sous la roue de renvoi *S* (*fig.* 3), une carte pliée, afin de la faire tourner à frottement, & pour que le limaçon des quarts s'arrête au point que l'on veut; on fera tourner ce limaçon jusqu'à ce que son bord *h* se trouve situé sous le bras *k* de la pièce des quarts : alors on marquera sur la poulie, en dehors du bout *q* du doigt, un petit trait; on fera avancer le limaçon des quarts jusqu'à ce que le premier degré 1 soit sous le bras *k*; on marquera sur la poulie un quart de ligne en dehors du derrière du bout *q* du doigt, un autre petit trait; on en fera autant pour le second degré & pour le troisième : on mettra la poulie sur un arbre lisse, on la mettra sur le tour, pour faire passer par ces marques faites à la poulie, des petits traits de burin qui formeront des cercles, sur lesquels les chevilles devront être posées.

1126. Pour trouver l'endroit de la circonférence de ces

cercles, où il faut placer les chevilles, on commencera par la première, qui eſt celle qui doit arrêter après que l'heure eſt frappée ; on avancera, pour cela, le limaçon des quarts, pour amener le bord *h* ſous le bras *k* : on fera frapper les heures juſqu'à la dernière qui précede les quarts : on prendra une pointe ronde comme le bout d'un alaiſoir, qui auroit $\frac{1}{3}$ de ligne de groſſeur ; on poſera cette pointe ſur le premier cercle, & on l'avancera ſur le dehors du doigt juſqu'à ce que la pointe *q* appuye contre le pignon ; on appuiera la pointe, afin de marquer un petit point en cet endroit : on fera rétrograder la poulie, pour qu'elle faſſe remettre en priſe la baſcule des heures avec la roue de chevilles ; on fera avancer la poulie en même-temps qu'on tiendra la pointe ſur le point marqué, & juſqu'à ce que la dernière heure ait frappé : ſi la pointe arrête immédiatement la poulie, & par conſéquent le rouage, c'eſt une preuve qu'elle eſt bien marquée ; ſinon, on la reculeroit en ſuppoſant que la baſcule n'ait pas encore échappé de deſſus la dernière cheville des heures, ou ſi la poulie continuoit encore à tourner un peu après que la dernière heure eſt frappée, il faudroit avancer la pointe en conſéquence, & on marquera fortement ce point.

1127. Pour placer la ſeconde cheville, qui eſt pour le quart, on fera avancer le premier degré du limaçon ſous le bras *k* de la pièce des quarts : on placera la pointe ſur le ſecond cercle, & on l'avancera, pour qu'en faiſant tourner la poulie, cette pointe faſſe appuyer le bout du doigt contre le pignon immédiatement après que le quart a frappé, & ainſi de ſuite pour les autres chevilles.

1128. On percera, par les points marqués, des trous pour les chevilles, qui ſoient de même groſſeur que la pointe dont on s'eſt ſervi pour les marquer, c'eſt-à-dire, de $\frac{1}{3}$ de ligne : on percera ces trous à travers l'épaiſſeur de la poulie, afin que ſi l'on venoit à chaſſer une cheville dans ſon trou, on pût la retirer en la repouſſant par deſſous : on chaſſera des chevilles d'acier, (ou des aiguilles revenues bleues) dans ces

trous, & on vérifiera ſi elles ſont bien poſées, en faiſant tourner la poulie comme on a fait pour les marquer : ſi elles étoient un peu trop préciſes, enſorte que les bras des baſcules n'échappaſſent pas des chevilles en même-temps que les chevilles de la poulie arrêtent le rouage; dans ce cas, on pourroit limer un peu le dehors du doigt, où la cheville trop juſte appuie actuellement; & ſi le doigt étoit trop large en dedans, enſorte qu'il ne pût pas paſſer entre les chevilles 2, 3 ou 3, 4, on le limeroit en dedans, pour le rendre aſſez étroit.

1129. Venons actuellement à la manière dont il faut marquer le limaçon des heures. On commencera par mettre en place le rateau, & à le faire engrener convenablement avec le pignon, pour qu'après que les trois quarts ont frappé, le pignon amene le rateau, enſorte que l'engrenage ſe faſſe avec les premières dents du côté du bout *h*, & qu'en rétrogradant la poulie, pour que les douze chevilles des heures aient renverſé les baſcules, le pignon avance le rateau, afin que l'engrenage ſe faſſe ſur les dernières dents du rateau ſituées vers le bout *R*; en un mot, il faut que l'engrenement du rateau avec le pignon ſe faſſe de manière que la roue de cheville puiſſe faire une révolution qui commence par faire frapper les douze heures, & finiſſe après que les trois quarts ſont frappés : on fera donc correſpondre les dents du rateau en conſéquence, en l'avançant ou réculant, ſelon qu'il en ſera beſoin : lorſqu'on aura trouvé ce point, on fera un repaire, en marquant avec un foret aigu un point ſur une dent du pignon, & de même entre les deux dents du rateau, qui correſpondent à celle du pignon.

1130. Le repaire du rateau & du pignon étant fait, on mettra *en place* l'étoile, le tout-ou-rien & le ſautoir avec leurs reſſorts : on rétrogradera la poulie, & on accourcira le bras *b* juſqu'à ce qu'en appuyant ſur le bord de la plaque qui doit former le limaçon des heures, la baſcule des heures ne faſſe qu'échapper de deſſus la cheville des heures, qui précede celles des quarts, enſorte que ſi l'on fait tourner la

poulie en avant, elle faſſe frapper un coup qui repréſentera une heure : or il faut, pour que l'opération ait été bien faite, que la preſſion du rateau ſur le limaçon ait fait parcourir l'intervalle donné par l'ouverture *y*, & qui produit l'effet du tout-ou-rien : ainſi, avant que de raccourcir le bras *b*, & pour le faire ſans tâtonner, au lieu de faire appuyer le reſſort *d y* du tout-ou-rien par-deſſus, on le fera preſſer en deſſous de la cheville; on le pliera, pour cet effet un peu du côté contraire, enſorte que cela écartera le tout-ou-rien de la cheville *o*, comme le feroit la preſſion du rateau; & même pour le retenir plus ſûrement écarté, il eſt à propos de fixer ſur la platine, une forte cheville ſur le bord ſupérieur du tout-ou-rien, & qui retienne celui-ci écarté de *o* pendant tout le temps qu'on marquera le limaçon; cela fait, on fera rétrograder la poulie, & on fera fléchir un peu le bout du bras *b* du rateau, pour qu'il paſſe par-deſſous le limaçon des heures, & on fera rétrograder la poulie, juſqu'à ce que la baſcule des heures n'ait fait qu'échapper de la cheville des heures, qui précede celles des quarts, & s'y ſoit engagée, pour faire frapper un coup pour une heure; dans le moment on marquera, par le bord du limaçon, un petit trait ſur le bras *b*; ce trait marquera l'endroit où il faut le couper pour faire répéter une heure; on accourcira donc le bras du rateau juſqu'à ce trait : on remettra le rateau à ſa place & à ſon repaire; on rétrogradera la poulie, afin de voir ſi l'on a bien opéré; on le raccourcira, ſi on ne l'a pas aſſez limé; & s'il l'eſt trop, on l'alongera.

1131. Cela étant ainſi préparé, on marquera le limaçon des heures de la manière ſuivante : on fera rétrograder la poulie, & on élevera le bout du rateau, afin de le faire paſſer par-deſſus la plaque du limaçon; dès que le bout commencera à anticiper un peu ſur le limaçon, on fera avancer doucement le rateau, afin de ſaiſir l'inſtant où la baſcule des heures échappe de deſſus la ſeconde cheville; dans ce moment on arrête la poulie, & avec une lime angulaire

angulaire & mince, on marquera ſur la plaque du limaçon, un petit trait, en ſe réglant bien juſte ſur le bout *b* du rateau : ce trait déſignera l'enfoncement du ſecond degré, & formera la deuxieme heure.

1132. REMARQUE. Pendant qu'avec une main on trace ce trait, de l'autre on aſſujettit la poulie à reſter immobile afin de marquer le trait bien juſte, ce qui eſt très-eſſentiel : mais comme, pendant cette opération, rien n'empêche l'étoile de tourner, ce qui eſt un obſtacle pour tracer le trait, puiſque la lime angulaire entraîne le limaçon, il eſt à propos, pour prévenir cette difficulté, de percer un trou pour une cheville, en deſſous de *M* du valet, enſorte que celui-ci ne puiſſe pas s'écarter de l'étoile, & alors le limaçon reſtera immobile. Nous inſiſtons ſur toutes ces attentions, car elles ménagent beaucoup le temps, puiſque, par elles, on fait l'ouvrage à coup ſûr, & ſans être obligé de recommencer. Pour en juger, il ne faut qu'obſerver, par rapport à l'opération actuelle, qu'elle deviendroit très-longue, ſi, après avoir taillé le limaçon, on avoit enfoncé un des degrés plus qu'il ne faut : car on ſeroit forcé d'alonger le bras du rateau, & de renfoncer tous les autres degrés en raiſon de l'alongement du bras : on préviendra ces doubles opérations par les regles que nous preſcrivons.

1133. Pour revenir à notre limaçon, on fera enſuite avancer le rateau par la poulie ; & auſſi-tôt que la baſcule aura échappé de deſſus la troiſieme cheville, on marquera un trait par le bout du rateau ; ce trait déſigne l'enfoncement pour la troiſieme heure : on marquera ainſi de ſuite tous les enfoncements des degrés qui doivent former le limaçon, juſqu'à ce que les douze chevilles aient alternativement renverſé la baſcule des heures, pour la mettre en priſe avec les chevilles.

1134. Quand cela ſera fait, on ôtera la cheville qui arrête le valet; on prendra le compas ayant ſa tête à champignon (& la pointe angulaire propre à couper, en faiſant un trait fin) que l'on poſera ſur la pointe de la broche *u*

du rateau ; on donnera au compas l'ouverture *bn* du dehors du bout du rateau, & $\frac{2}{12}$ de ligne de plus ; on appuiera la main ſur le valet, pour empêcher l'étoile de tourner, & on tracera un trait de compas ſur la plaque du limaçon, qui commencera le plus près qu'il ſera poſſible du centre ; & en allant à la circonférence, on fera avancer l'étoile d'une dent, & on fera un trait de compas de la même maniere ; & ainſi de ſuite, juſqu'à ce que l'étoile ait fait un tour, & que la plaque du limaçon ſoit diviſée en douze parties, (nombre des dents de l'étoile, & des heures que le limaçon doit contenir.)

1135. REMARQUE. Les traits marqués pour les enfoncements des degrés ſe trouveront ſur le bord d'un des traits de compas, qui va du centre à la circonférence ; on pourra le prendre pour en former le devant *L* du limaçon : or, pour juger ſi, lorſque le limaçon eſt prêt à paſſer des douze heures à la premiere, par le mouvement du limaçon des quarts & de l'horloge ; pour juger, dis-je, ſi dans cette poſition on venoit à tirer le cordon, le devant *L* du limaçon n'empêcheroit pas le bras du rateau de deſcendre au fond du limaçon ; on fera parvenir l'étoile dans cette poſition, (c'eſt-à-dire, la pointe de la dent ſur l'angle du ſautoir) & on verra ſi la partie *n* du bras n'anticipe pas ſur le trait qui déſigne le devant *L* ; ſi cela étoit, ce ſeroit une marque que le bout *bn* du rateau eſt trop large ; & dans ce cas, il faudroit l'étrécir en dehors devers *b*, de toute la quantité dont la partie *n* anticiperoit ſur le devant *L* du limaçon ; enſuite il faudroit tracer de nouveaux traits de compas ſur le limaçon, en ſe réglant pour cela ſur le bout entaillé *b* : mais on peut prévenir de retracer à deux fois ces traits, qui vont du centre à la circonférence, en étréciſſant le bras *b*, lorſqu'il eſt mis de longueur, & avant de marquer les enfoncements : or, pour le mettre de largeur, on ſe ſervira de la méthode que nous venons d'indiquer.

1136. On démontera le tout-ou-rien, & on ôtera la plaque du limaçon de deſſus l'étoile ; & par les traits qui

marquent les degrés d'enfoncement du limaçon, on tracera des portions de cercle concentriques à la plaque.

1137. Pour former ces portions de cercle, on fera attention que le limaçon tourne de *L* en *F*, & que par conséquent le bord *L* de la plaque représentant le degré d'une heure, le degré pour la deuxieme heure doit être vers deux, & ainsi de suite, en se rapprochant du centre jusqu'à l'enfoncement de la douzieme heure. On prendra donc un compas, dont une pointe posera sur le trou de la plaque, & l'autre aura pour ouverture, & très-exactement, la division du degré le plus prochain du bord; on tracera donc la portion de cercle 2, dont la longueur sera limitée par les traits de compas, qui représentent le chemin dn rateau, & qui vont de la circonférence au centre: cette portion de cercle tracée, on changera l'ouverture du compas auquel on donnera celle qui est marquée par le second trait fait à la plaque; on marquera le degré 3 formé par une portion de cercle, & réglé par les divisions de la plaque: on transportera ainsi de suite les enfoncements des degrés du limaçon, jusqu'à la douzieme heure.

1138. Le limaçon étant ainsi tracé, on le découpera selon ses traits, en se servant pour cela d'une petite scie étroite, & faite avec du ressort de montre; & pour le terminer selon les traits, on le fera à la lime, & avec beaucoup de précaution, en suivant très-exactement les enfoncements déterminés par les portions de cercle, & par les traits de division qui les bornent, & jusqu'à ce que l'on ait atteint les traits du compas: alors on adoucira avec une lime à arrondir les degrés & leurs côtés; on attachera le limaçon sur l'étoile, & on la remettra en place avec le valet & le tout-ou-rien: on mettra le rateau à son repaire.

1139. Pour vérifier si l'on a bien opéré, on s'y prendra de la même maniere que l'on a fait pour en tracer les enfoncements, c'est-à-dire, qu'on fera avancer le deuxieme degré du limaçon, pour l'amener devers le bras; on rétrogradera la poulie, & on verra si, en même-temps que le rateau est

arrêté par le deuxieme degré du limaçon, la bascule échappe de la deuxieme cheville : si cela est, le pas est bien fait ; on passera au troisieme ; & on vérifiera la même chose, & ainsi de suite, jusqu'au douzieme (je ne parle pas du premier pas 1, puisqu'il n'a pas changé, étant formé par le bord même du limaçon sur lequel on s'est réglé pour mettre le rateau de longueur (1130) ; ainsi il est tel qu'on l'a fait. S'il y avoit des pas qui ne fussent pas tout-à-fait assez enfoncés, on les marqueroit, on démonteroit le limaçon, & l'on traceroit de nouveaux traits de compas pour les renfoncer.

1140. Quand on aura ainsi vérifié le limaçon par cette méthode, on ôtera la cheville qui écarte le tout-ou-rien ; on remettra le ressort en action, & de maniere à produire son effet (1117), c'est-à-dire, de ramener le tout-ou-rien, après que la cheville *o* l'a écarté : alors on verra si, en rétrogradant la poulie, les chevilles de la roue ayant amené la cheville *o* de la bascule, pour mettre les bascules hors de prise des chevilles, aussi-tôt que le rateau presse le limaçon, & fait écarter le tout-ou-rien, cette cheville *o* se dégage du bout du tout-ou-rien : si elle y restoit, ce seroit marque que le derriere de la levée *m* des heures (*fig.* 1) est arrêté sur une cheville, & que par conséquent le degré, sur lequel le rateau appuie, est trop enfoncé, & qu'après que la bascule a échappé de dessus la cheville correspondante au pas du limaçon, le rateau & la roue ont encore fait un petit chemin, ensorte que la cheville suivante est en action pour renverser de nouveau la levée : effet très-dangereux, & qui est capable, quand il se trouve dans une répétition, de faire tout casser ; car lorsqu'on a tiré, & que la piece ne répete pas, si l'on tire plus fort, & plus on tirera, moins la cheville de la bascule tendra à redescendre ; & par conséquent la piece ne sonnera point. Le tout-ou-rien est très-utile ; mais il est assez difficile de lui faire remplir ses effets : pour parer à ce défaut, il ne faut pas que la levée *a*, (*fig.* 8) soit trop large : car dans ce cas, immédiatement après qu'elle a abandonné une cheville, elle pose sur la suivante, au lieu que si elle est étroite, la roue peut

encore un peu rétrograder ſans que la cheville tende à renverſer la baſcule; ainſi les petites inégalités du limaçon n'influeront point ſur l'effet du tout-ou-rien : on pourra donc, ſi la levée eſt trop large, en ôter du derriere ; mais dans ce cas, on ſera peut-être obligé de courber un peu la cheville *o*, parce qu'en rétrogradant la poulie, il pourroit fort bien arriver que l'action des chevilles de la grande roue ſur le derriere de la baſcule, ne fût pas capable d'amener la cheville *o* juſqu'à l'angle du tout-ou-rien; enſorte que cette baſcule retomberoit ſans s'être arrêtée ſur le bout du tout-ou-rien : ſi, après avoir touché aux baſcules, le tout-ou-rien ne faiſoit pas ſon effet, & par les mêmes cauſes, alors il faudroit alonger le bras du rateau, afin de le faire convenir au pas du limaçon que l'on a trop enfoncé ; & les autres qui étoient juſtes auparavant, il faudra les renfoncer les uns après les autres, & toujours exactement ſelon le trait du compas; parce qu'on voit que dans ce cas, l'enfoncement eſt égal dans toute la longueur du degré, & qu'à meſure que la cheville du limaçon des quarts fait avancer l'étoile, pour faire changer de degré au limaçon des heures, la piece répete toujours la même heure, quoique le rateau ne poſe pas ſur le même endroit du degré.

1141. Il faut auſſi avoir grande attention à conſerver la longueur des degrés, & ſelon les regles que nous avons preſcrites pour les tracer ; car ſi on les tenoit plus courts, il arriveroit que, lorſque l'étoile eſt prête à changer d'heure, ſi on tiroit le cordon, le rateau viendroit appuyer ſur le pas qui doit correſpondre à l'heure ſuivante, enſorte que l'horloge répéteroit une heure de plus que celle qui ſeroit marquée ſur le cadran.

1142. Quand on aura terminé le limaçon, il ſera à propos de le *croiſer*, comme on le voit dans la figure, afin de ne lui laiſſer que la matiere néceſſaire, & encore pour le mettre d'équilibre, enſorte qu'il n'exige pas plus de force en un point de ſa révolution qu'en un autre, pour être retenu par l'action du valet ſur l'étoile.

1143. Nous sommes parvenus à expliquer comment on doit faire produire les effets à la cadrature de la répétition : il nous reste maintenant à parler des *ajustements* des marteaux & du timbre, de l'ajustement du mouvement pour l'attacher dans sa boîte, de la plaque du cadran, de l'ajustement des aiguilles, &c; en un mot, de ce que les Artistes appellent l'*Emboîtage du mouvement ;* ensuite nous finirons par la maniere d'exécuter l'échappement, & ce qui concerne le régulateur, & de rassembler toutes les parties de l'Horloge, pour leur donner le mouvement.

V. *De l'Emboîtage du Mouvement.*

1144. Nous avons supposé que le mouvement de cette Horloge doit être placé dans une boîte à cartel; ainsi il est à propos d'expliquer la disposition que l'on doit donner aux parties de cette boîte, sur lesquelles on attache le mouvement.

1145. Dans un petit cartel, on doit tenir le cadran le plus grand qu'il se peut, par la raison que la grandeur de l'ouverture de la boîte, pour y placer le mouvement, dépend de celle du cadran; & que pour plus de facilité d'exécution & de solidité, il faut que le mouvement ait une certaine grandeur.

1146. La lunette qui porte le crystal pour recouvrir le cadran, & le garantir de la poussiere & des accidents, est un cercle de cuivre tourné, qui tient par le moyen d'une charniere à un autre cercle de cuivre, plus large & plus solide, & qui est aussi tourné : ce cercle, qu'on appelle la *Batte*, s'attache au cartel, au moyen de quatre fortes vis : c'est sur la batte que se fixe le mouvement de l'Horloge ; l'ouverture de la batte doit être la même que celle de la lunette, & par conséquent, la même que celle du cadran.

1147. En dehors de l'ouverture de la batte, & sur le milieu de son épaisseur, est faite une retraite, dans laquelle

doit se loger une plaque qui doit porter le mouvement de l'Horloge ; la lunette doit être creusée en dessous de quelques lignes, afin qu'elle soit élevée au-dessus du cadran, pour laisser de la place pour les aiguilles : cette lunette porte un drageoir, dans lequel on fait entrer le crystal à force.

1148. Pour fixer le mouvement de l'Horloge dans une boîte à cartel, on attache une plaque de laiton sur la batte, (on l'appelle *la fausse plaque*), au moyen de quatre vis taraudées dans l'épaisseur de la retraite de la batte ; & le mouvement tient à cette plaque, au moyen de quatre piliers (qu'on appelle *faux-piliers*) fixés à la plaque, & dont les pivots entrent dans les trous faits à la platine des piliers : les bouts de ces pivots sont saillants en dedans de la platine, à fleur de laquelle ils sont goupillés, ensorte que le mouvement devient par-là fixé très-solidement après la boîte.

1149. La hauteur des faux-piliers de la plaque qui attache le mouvement, dépend de la profondeur de la boîte, de la hauteur du mouvement, de celle de la cadrature, & de l'élévation des roues de cadran ; & c'est pour ces considérations que, lorsque l'on monte la cage, il est à propos de proportionner la hauteur des piliers à celle de la profondeur de la boîte, où ce mouvement doit être placé ; il en est de même de la hauteur de la cadrature & des roues de cadran. Si donc on suppose que la profondeur de la boîte est de trois pouces $\frac{1}{2}$; comme la cage du mouvement a 17 lignes de haut, en y comprenant l'épaisseur des platines : que la cadrature est élevée de six lignes ; qu'il faut environ six lignes pour le jeu du pendule ; que le timbre devra avoir environ douze lignes de hauteur, & enfin que la hauteur du pont de la roue de renvoi est de cinq lignes ; on trouve en tout quarante-six lignes, c'est-à-dire, quatre lignes de plus que la profondeur de la boîte : pour regagner ces quatre lignes, il faudra employer un timbre plus bas, & donner moins de hauteur entre le timbre & la cadrature pour le jeu du pendule : on ne pourra donc donner aux faux-piliers que la hauteur du coq de la roue de renvoi ; s'il étoit

néceſſaire, on pourroit les tenir plus bas; car on pourroit percer la fauſſe-plaque, pour loger le bout du coq de renvoi dans ſon épaiſſeur; mais il faut obſerver que cela ne pourroit ſe faire que dans le cas où l'on emploieroit un cadran convexe, comme ſont ceux d'émail : car ſi l'on faiſoit un cadran plat, le canon de la roue de cadran deviendroit très-court, enſorte qu'il ſeroit ſujet à vaciller ſur ſon pont, & qu'il n'y auroit pas de canon pour ajuſter l'aiguille des heures; mais comme rien n'oblige à tenir les piliers plus bas que le coq de renvoi, on leur donnera cinq lignes de hauteur; & nous ſuppoſons que l'on mettra un cadran d'émail convexe.

1150. Pour faire la fauſſe-plaque, on prendra du laiton qui ait $\frac{3}{4}$ de ligne d'épaiſſeur, & que l'on écrouira; enſuite on percera dans ſon milieu un petit trou, pour y poſer la pointe du compas à couper; on coupera la plaque au compas, de la grandeur de la retraite pratiquée à la batte, pour y loger cette fauſſe-plaque; cette retraite doit être d'environ trois lignes plus grande que l'ouverture de la batte autour de laquelle elle regne; & comme on a fait les platines du mouvement de la même grandeur que cette ouverture de la batte (712), il ſuit de-là que la fauſſe-plaque ſera plus grande de ſix lignes que les platines; ainſi elle aura quatre pouces & demi, ou environ; c'eſt par cet excédent de la plaque, qu'elle eſt retenue ſur le bord de la batte, par quatre vis : on fera entrer bien juſte la fauſſe-plaque dans la retraite de la batte; on percera les trous pour les vis à égale diſtance l'un de l'autre, & on les placera de ſorte que les deux qui ſont au haut, ſoient également éloignés du point qui repréſente le midi, ou le milieu du haut de la boîte, afin de réſerver cette place pour l'avance & le retard (120); on percera les vis le plus près du bord de la plaque qu'il ſe pourra, afin que les têtes des vis ſoient cachées & recouvertes par la lunette; on fera ces vis, dont la groſſeur pourra être de $\frac{1}{4}$ de ligne, & la tête petite (comme de $\frac{1}{4}$ de ligne), afin de ne pas anticiper ſur

la

la place du cadran, & être moins exposées à être vues; on leur donnera plus de hauteur, pour que le tourne-vis ait de la prise; car les têtes de vis, lorsqu'elles sont minces, *ne valent rien.*

1151. La plaque étant attachée sur la batte, & celle-ci sur le cartel, on prendra une regle bien droite, que l'on fera passer par le milieu du trou de la fausse-plaque, & de sorte qu'elle partage le cartel, afin de tracer sur la fausse-plaque la ligne d'à-plomb par laquelle le midi & les six heures du cadran doivent passer. Cette ligne étant tracée fort juste, avec une pointe fine, on ôtera la fausse-plaque de dessus la batte.

1152. On marqueta, avec une pointe, le nombre 12 au haut de la ligne, afin de désigner l'endroit où doit être placé le midi sur le cadran, & pour reconnoître le dehors de la fausse-plaque; & comme il est nécessaire que cette même ligne d'à-plomb soit marquée en dedans de la fausse-plaque, & bien juste; on fera à chaque extrémité de la ligne, à travers l'épaisseur de la plaque, un trait de lime angulaire, qui marquera les points du dedans par lesquels on doit tirer la ligne.

1153. Pour faire les faux-piliers, on prendra un bout de fil de laiton qui ait environ trois lignes $\frac{1}{2}$ de grosseur, & assez long pour y former les quatre piliers avec leurs pivots, c'est-à-dire, d'environ trois pouces $\frac{1}{2}$; on l'écrouira, on le tournera rond, & on formera les pivots auxquels on donnera deux lignes de diametre: chaque pilier aura deux pivots d'inégale longueur; l'un propre à être rivé sur la fausse-plaque, & l'autre assez long pour traverser la platine des piliers, & être saillant d'une ligne, afin d'être percé d'un trou à travers, pour mettre une goupille; c'est ce pivot qui doit être un peu en pointe, & arrondi par le bout: on donnera la même hauteur (cinq lignes) à ces piliers, au moyen du maître-danse: quand on les aura tournés, on les adoucira avec une lime carrelette, & les longs pivots avec une lime à arrondir; & pour achever de les adoucir,

on prendra du bois blanc, & de la ponce broyée avec de l'huile ; on les coupera ensuite avec le burin pour les séparer, ensorte qu'ils seront prêts à river sur la fausse-plaque.

1154. Lorsqu'on aura fait les piliers, on percera les trous de leurs pivots dans la platine des piliers : on observera que pour avoir la facilité d'ôter & de mettre les goupilles qui fixent la platine avec les faux-piliers, il faut les placer près du bord de la platine ; d'ailleurs, par cette disposition ils soutiendront plus solidement le mouvement, parce qu'ils seront plus éloignés entr'eux. Pour trouver la place où l'on doit percer les trous des faux-piliers, il sera à propos de remonter toutes les pieces qui se placent dans la cage, près des bords, afin de ne pas les placer de façon à nuire à ces pieces, ni de maniere qu'on ne puisse pas mettre les goupilles, lorsque tout le mouvement sera rassemblé, & qu'on l'attachera sur la fausse-plaque. On percera donc ces trous *S*, *K*, *I*, *Q* (*fig.* 1) ; & pour placer la goupille du pivot qui passe en *I*, on sera obligé de faire une rainure sur le bord de la platine, afin de faire passer cette goupille sous le ressort du marteau *P* : pour percer ces trous, on se servira d'un foret un peu plus petit que les pivots des faux-piliers.

1155. On ôtera de dessus le dehors de la platine des piliers (*fig.* 3), toutes les pieces qui y sont attachées ; on tirera une ligne qui passera par le centre de la roue de longue tige, & par le milieu du trou du barillet, & qui, par conséquent, passera par le milieu des trous des roues de champ & d'échappement (718) ; on marquera sur le bord supérieur *V* de la platine, & à travers son épaisseur, un petit trait qui corresponde parfaitement avec l'extrémité de la ligne que l'on a tracée ; ce trait & le haut de la ligne représenteront le point de la platine qui doit être placé dans la ligne d'à-plomb ou de midi de la fausse-plaque.

1156. Cela étant ainsi préparé, on aggrandira le trou du centre de la fausse-plaque, pour qu'il soit juste de la même grosseur que celui du pivot de longue tige de la platine des piliers ;

on appliquera le dedans de la fauſſe-plaque contre le dehors de la platine des piliers; & pour les centrer parfaitement, on fera entrer un arbre liſſe dans leurs trous du centre; on fera correſpondre le trait fait ſur l'épaiſſeur de la platine, avec le haut de la ligne d'à-plomb de la fauſſe-plaque; alors on prendra des tenailles à vis, pour fixer enſemble la fauſſe-plaque & la platine; & en cet état, on percera à la fauſſe-plaque les trous des faux-piliers, que l'on avoit d'abord percés à la platine des piliers; on ſe ſervira du même forêt; & pour que les trous coïncident parfaitement, on paſſera un équariſſoir dans les trous de la plaque & de la platine, tandis qu'elles ſont aſſemblées par les tenailles à vis; on démontera la fauſſe plaque, & on ajuſtera les faux-piliers deſſus, en aggrandiſſant pour cela les trous, juſqu'à ce que les courts pivots qui doivent s'y river, y puiſſent entrer; après quoi, on aggrandira de même les trous de la platine des piliers, & en obſervant de faire correſpondre chaque faux-pilier, avec le trou ſur lequel il eſt ajuſté à la fauſſe-plaque; & pour ne pas s'y tromper, on pourra faire des repaires de la maniere que nous l'avons expliqué pour la cage du mouvement (746), afin de ne pas aggrandir un trou pour l'autre; car cela donneroit de l'embarras, ſi les pivots n'étoient pas parfaitement de la même groſſeur.

1157. On limera les bavures des trous de la platine des piliers, on en fera de même à ceux de la fauſſe-plaque; on mettra ces trous en chanfrein du côté du dehors de la plaque, qui eſt celui où ils doivent être rivés.

1158. Pour river les faux-piliers, on les mettra en leur place ſur la fauſſe-plaque, & on appliquera la platine des piliers ſur les faux-piliers, ce qui formera une cage; on prendra la même virole dont on s'eſt ſervi pour river les piliers du mouvement, & on la poſera ſur un tas; on fera entrer le bout du pivot du faux-pilier, dans le trou de la virole, qui poſera contre le dedans de la platine des piliers; de cette maniere, on rivera les faux-piliers les uns après les autres, en tenant cette cage fortement, & en y

apportant les mêmes précautions indiquées pour la cage du mouvement (748) ; & pour que la rivure soit plus solide, il ne sera pas nécessaire de l'affleurer à la platine, on la laissera au contraire un peu saillante, après qu'elle aura été rebattue au marteau ; parce que le cadran étant convexe, est fort éloigné d'y pouvoir toucher.

1159. Avant de séparer la fausse-plaque de la platine des piliers, il faudra marquer sur la fausse-plaque, l'endroit du trou de l'arbre du barillet, & ensuite il faudra percer les trous de goupilles à travers les bouts saillants des pivots ; on prendra pour cela un foret bien en pointe, qui ait un tiers de ligne de grosseur ; on le fera bien affleurer avec la platine, afin que la goupille puisse serrer la platine contre la portée du pivot. Quant à la direction qu'il faut donner au forêt, en perçant les trous de goupilles, elle n'est pas aussi arbitraire qu'on pourroit se l'imaginer : car il faut avoir en vue 1°, de laisser de la prise pour les pinces dont on se sert pour ôter les goupilles, & de ne faire passer les bouts des goupilles sous aucune piece qui puisse empêcher de les ôter ; 2°, de diriger les trous des goupilles, de sorte que quand même elles ne seroient pas bien chassées, elles ne pussent sortir de leur place par leur seule pesanteur, mais qu'au contraire elles puissent encore contenir le mouvement : ainsi il faut que les trous des goupilles supérieures *S*, *Q* soient dirigés en en-bas, & les trous *R*, *I* en travers, & à peu-près comme on le voit par les lignes ponctuées *I*, *K*, *S*, *Q*, (*fig.* 1) qui représentent la direction de ces goupilles. Puisque nous sommes sur cette matiere, nous croyons devoir avertir qu'il est très-essentiel que les goupilles des faux-piliers & les piliers d'une Horloge, qui doit être transportée, soient bien faits & chassés à force ; car j'ai vu périr plusieurs mouvements, par le cahotage d'un long transport qui ayant fait sortir les goupilles de leur place, il n'y avoit pas une piece de la machine qui ne fût tellement fracassée, qu'il fallut refaire d'autres mouvements.

1160. Quand on aura ôté la fausse-plaque de dessus

la platine des piliers, on percera le trou marqué à la plaque pour le remontoir; & pour l'aggrandir convenablement, on mettra l'arbre de barillet en cage, afin-de tirer le trou de la plaque de côté ou d'autre, jusqu'à ce que l'arbre passe bien dans le milieu de ce trou : comme il faut que la clef passe dans ce trou, il faudra l'aggrandir d'une ligne $\frac{1}{2}$ de plus (ou environ) que ne l'est le trou de la platine, afin qu'il reste assez de matiere sur les angles du quarré fait à la clef.

1161. On mettra en place le pont de cadran & la roue; & on aggrandira le trou du centre de la fausse-plaque, pour y faire entrer le canon de cette roue; on l'aggrandira même de près d'une ligne plus que la grosseur du canon, par la raison que l'aiguille des heures doit être portée par un canon qui doit rouler (à frottement) sur celui de la roue de cadran; on aura soin que le trou soit parfaitement concentrique à la roue de cadran.

1162. On tracera sur la fausse-plaque un trait qui approche tout près des vis; ce trait marquera la grandeur du cadran; on le tiendra le plus grand qu'il se pourra, afin que le rebord de l'émail soit caché & recouvert par la lunette : car ce rebord est ordinairement noir ou verd; & pour plus de propreté; on ne doit voir que le blanc du bord du cadran.

1163. Les cadrans d'émail s'attachent sur la fausse-plaque, au moyen de trois pieds ou tenons qu'ils portent : on percera donc à la fausse-plaque, à un pouce de distance du bord, trois trous également éloignés l'un de l'autre; on leur donnera une ligne de diametre.

VI. *Opérations requises pour exécuter un Cadran d'émail.*

1164. Quoique la maniere d'opérer pour faire un cadran d'émail, concerne plus particuliérement l'art de l'Emailleur que celui de l'Horloger, nous ne laisserons pas d'en décrire les principales opérations, pour en donner une notion à

ceux qui defireront effayer d'en faire ufage, pour faire eux-mêmes tout ce qui concerne le mouvement de l'Horloge; mais il eft bon de les prévenir que tout ce que nous dirons là-deffus, fera très-abrégé; car cette matiere feule exigeroit un ouvrage particulier, & plufieurs Planches.

1°. *Faire la Plaque du Cadran.*

1165. Pour faire les cadrans d'émail, on prend une plaque de cuivre rouge fort mince, à laquelle on donne la courbure que doit avoir le cadran : on a, pour cela, un morceau de bois creufé au tour, de la courbure approchante du cadran; avec un marteau à tête, & un peu arrondie, on fait aifément prendre la courbure à la plaque; on l'applique fur la fauffe-plaque, & on marque les trous des tenons percés à la fauffe-plaque : pour faire ces tenons, on prend du fil de cuivre rouge tiré, qui foit de la groffeur des trous de la fauffe-plaque; on leve une petite portée aux bouts de ces tenons, qui ferve d'affiette pour les river fur la plaque du cadran : on perce les trous de la plaque, de la groffeur des pivots des tenons; ces pivots ne doivent être qu'un peu plus petits que les tenons, afin d'être folides; quand on a rivé ces tenons, on les foude; on prend, pour cela, de la foudure faite avec du cuivre rouge & du laiton, dont le mêlange eft à-peu-près pareil à celui de nos pieces de *fix liards;* ou, pour le mieux, on fe fervira de petit fil de laiton tiré; on emploie du borax, ainfi que cela fe pratique toutes les fois que l'on foude.

1166. Quand les tenons font foudés, on les redreffe, pour les faire entrer dans les trous de la fauffe-plaque; on marque le trou du remontoir fait à la fauffe-plaque; on aggrandit le trou du centre, & de maniere qu'il coïncide avec celui de la fauffe-plaque : pour cet effet, tandis que la plaque du cadran eft pofée fur la fauffe-plaque, on rejette, avec une lime à feuille de fauge, le trou de la plaque, jufqu'à ce qu'on voye que ce trou eft concentrique avec

celui de la fauſſe-plaque; mais on fait cette opération avant qu'il ſoit aggrandi, parce qu'il eſt néceſſaire, pour l'amener à la grandeur du trou de la fauſſe-plaque, de ſe ſervir d'un alaiſoir que l'on fait entrer par-deſſous, & qui, en aggrandiſſant le trou de la plaque, forme par-deſſus un petit rebord qui ſert à arrêter l'émail, afin d'avoir un trou plus net; on aggrandira, de cette maniere, le trou de la plaque, juſqu'à ce que l'alaiſoir porte dans le trou de la fauſſe-plaque, ainſi, en tenant l'alaiſoir bien perpendiculaire au plan de la fauſſe-plaque, le trou du cadran coïncidera parfaitement avec celui de la fauſſe-plaque.

1167. Pour faire le trou de quarré de remontoir à la plaque, on aura les mêmes attentions: ainſi on le mettra d'abord droit avec celui de la plaque; & quand il le fera (le trou étant plus petit qu'il ne faut), on prendra un alaiſoir que l'on fera entrer par-deſſous, & qui, en même-temps qu'il aggrandira le trou de la plaque, formera au-deſſus un petit rebord, pour contenir l'émail; mais on obſervera qu'en formant ce trou, & en l'amenant à la grandeur de celui de remontoir fait à la fauſſe-plaque, que s'il n'étoit pas bien droit au-deſſus de celui de la fauſſe-plaque, lorſque l'alaiſoir touchera au trou de remontoir, les tenons fléchiroient & céderoient à l'effort de l'alaiſoir contre le trou de la plaque; & que, par conſéquent, le trou du centre de la plaque ſe déjetteroit, & ne feroit plus concentrique à la fauſſe-plaque: c'eſt pour prévenir cet inconvénient, qu'il faudra faire entrer à force dans le trou du centre, ou un ſecond alaiſoir, ou un arbre liſſe, qui ſervira à retenir le trou à ſa place, en tenant cet alaiſoir ou arbre liſſe toujours droit; mais pour arrêter la plaque plus fixement, on pincera enſemble les bords de la plaque & de la fauſſe-plaque, avec deux tenailles à vis miſes, l'une d'un côté, & l'autre de l'autre.

1168. Pour donner la grandeur requiſe à la plaque du cadran, & la rendre bien ronde, on prendra avec le compas, ayant ſa pointe à champignon, la grandeur du trait fait ſur

la fausse-plaque, pour le bord du cadran; & avec la même ouverture de compas, on marquera ce trait sur la plaque; on coupera l'excédent avec des ciseaux.

2°. *De l'émail. Maniere de le préparer pour l'employer.*

1169. L'émail que l'on emploie pour nos cadrans, est une préparation comme du verre, auquel on a ôté sa transparence, & que l'on a rendu blanc: pour *émailler* un cadran, on réduit l'émail en grains de sable; & en y ajoutant de l'eau, on en forme une pâte, que l'on étend également sur toute la surface de la plaque de cuivre rouge, & qui, mise dans un fourneau de reverbere, se met en fusion, & devient unie; c'est sur cette surface que l'on peint les heures avec un émail noir qui se met aussi en fusion par le feu.

1170. L'émail que l'on emploie pour nos cadrans, ou tout au moins le meilleur, se tire de Venise; & il se vend à Paris, chez les Marchands d'outils d'Horlogerie. Il y a deux sortes d'émail; le dur & le tendre: on distingue l'émail tendre du dur, en ce que le premier est transparent, & que l'autre est opaque; & qu'étant cassé, il offre des pores plus unis; celui-ci est préférable & prend un très-beau poli; mais il faut un feu plus violent pour le mettre en fusion.

1171. L'émail se vend en *pain*. Pour l'employer, on brise ces pains en petits morceaux, & on les pile dans un mortier d'acier trempé, jusqu'à ce qu'on les ait réduits en grains bien fins & à-peu-près d'égale grosseur. Pour empêcher que les éclats de l'émail ne sortent hors du mortier, on en recouvrira l'ouverture avec un linge propre, & on jettera dans le mortier un peu d'eau de fontaine fort claire; on réduira ainsi l'émail, jusqu'à ce qu'on le sente sous le doigt comme du sable fin, car il ne faut pas le réduire eu poudre.

1172. Lorsque l'émail est ainsi pilé, il faut le mettre dans un vase de verre, dans lequel on verse de l'eau de fontaine très-claire; on remue l'émail, ensorte que cela fasse

une

une eau blanche, on le laisse ensuite déposer; puis on ôte l'eau en inclinant doucement le vase; cette eau emporte les saletés qui se sont introduites dans l'émail en le broyant; on *lave* ainsi à plusieurs fois l'émail, jusqu'à ce que l'eau reste claire: on conserve les parties qui restent dans l'eau dont on lave l'émail, pour employer au *contrémail*, c'est-à-dire, en dessous de la piece qu'on veut émailler.

1173. Quand on a bien lavé l'émail, on le laisse dans un vase de verre, & on jette dessus de l'eau-forte en quantité suffisante, pour qu'elle surnage l'émail de quelques doigts; on laisse pendant douze heures l'émail dans l'eau-forte; on appelle cette opération *dérocher*; elle sert à nettoyer l'émail des parties métalliques du mortier qui se sont introduites dans l'émail en le broyant.

1174. Lorsqu'on a retiré l'émail d'avec l'eau-forte, on le lave de nouveau avec de l'eau commune, & à plusieurs fois, jusqu'à ce qu'il ne reste plus d'eau-forte mêlée avec l'émail, & que l'eau soit bien claire; alors on laisse cette eau surnager l'émail, pour le conserver propre; d'ailleurs, pour étendre l'émail sur la plaque, il doit être pris du vase dans lequel l'émail est encore dans l'eau.

3°. *Préparation de la Plaque du cadran, avant de la charger d'émail.*

1175. Avant de placer l'émail sur la plaque, il faut *dérocher* cette plaque: pour cet effet, il faut la laisser dans *l'eau seconde*, (mêlange d'eau forte & d'eau commune) jusqu'à ce que le cuivre soit découvert, & vienne également propre dans toute sa surface: alors on prendra une *gratte-brosse*, (sorte d'outil fait avec un faisceau de fil de laiton) & tenant la plaque dans de l'eau commune, on *gratte-brossera* la plaque pour ôter la croûte du cuivre: cette opération de la gratte-brosse & du dérocher, dispose les pores du cuivre à recevoir l'émail, ensorte que celui-ci s'y fixe par la fusion.

1176. REMARQUE. On n'émaille pas seulement le côté

du cadran où les heures doivent être peintes, mais on émaille aussi le dessous ou côté convave; afin que l'émail du dessus étant fondu, son action sur la plaque n'en puisse changer la courbure & le voiler; on appelle cela *contrémailler*: le contrémail sert donc à balancer l'effet de l'action du feu sur l'émail du dessus du cadran; pour cet effet, on met l'une & l'autre couche de suite, & on les fait fondre en même-temps.

1177. On place d'abord le contrémail; on ne prend pas pour cela l'émail pur, mais au contraire celui qu'on a tiré des *lavures*. Pour placer le contrémail, on fait entrer le trou du centre de la plaque sur l'alézoir, en tournant le côté concave en dessus; & avec une *Spatule* ou lame d'acier mince & arrondie par le bout, on prend le contrémail qui est actuellement déposé au fond d'un vase, après avoir ôté toute l'eau qui surnageoit, & on l'étend sur toute la surface concave de la plaque que l'on recouvre également, en ne mettant que l'épaisseur convenable pour cacher le cuivre; il est très-essentiel que la couche soit d'égale épaisseur. Pour ôter une partie de l'eau contenue dans l'émail, on prendra un linge sec & propre, que l'on posera sur l'émail, près du trou; il attirera ou pompera l'eau; mais il ne faut pas trop sécher l'émail, parce que pour placer l'émail du dessus, il faut retourner la plaque, & que le contrémail pourroit tomber en *chargeant* ce côté.

1178. On retournera la plaque, que l'on mettra sur l'alézoir sur le trou du milieu; on prendra de l'émail pur, & on chargera le dessus du cadran, d'une couche bien égale, ayant attention que les bords soient bien recouverts, & les bords des trous entourés d'émail, afin que l'action du feu ne les brûle pas: on pompe l'eau contenue dans l'émail, en appuyant sur le bord avec un linge; & pour que toutes les parties de l'émail s'arrangent & se resserrent, ensorte qu'elles occupent le moindre volume, on frappe légérement l'alézoir qui supporte le cadran; ce qui ébranle & arrange toutes les parties de l'émail, & fait sortir l'eau que l'on pompe une seconde fois: on applanit de nouveau l'émail avec la

ſpatule, ce que les Emailleurs appellent *battre* l'émail; c'eſt de cet arrangement des parties de l'émail & de l'eau qu'on en fait ſortir, que dépend le poli ou glacé du cadran; parce que l'émail en ſe fondant, ne trouvant point de cavité, conſerve ſa ſurface unie.

1179. Il eſt néceſſaire, par une ſuite du même raiſonnement, de faire ſécher le cadran avant de l'expoſer au grand feu qui doit fondre l'émail, parce que la grande chaleur feroit bouillonner l'eau, ce qui dérangeroit l'émail, & rendroit ſa ſurface raboteuſe.

1180. Pour ſécher le cadran, on placera ſur une tôle aſſez large, que l'on poſera ſur de la cendre chaude, qui fera deſſécher l'eau inſenſiblement; pendant ce temps, on prépare le feu pour fondre l'émail, c'eſt-à-dire, pour *paſſer le cadran au feu.*

4°. *Du Fourneau.*

1181. Le fourneau dans lequel les Émailleurs de cadrans paſſent au feu eſt pratiqué dans une cheminée, & élevé à hauteur d'appui, pour avoir la facilité d'arranger & de voir leurs pieces: ce fourneau eſt de forme quarrée, & conſtruit de briques; on réſerve au haut ſur le fond une petite ouverture, pour le paſſage de la fumée; lorſque le fourneau doit ſervir à paſſer de grandes pieces au feu, comme des cadrans d'un pied, il doit avoir près de 3 pieds en quarré, afin de contenir aſſez de charbon pour produire un feu capable de mettre l'émail en fuſion: l'ouverture du fourneau eſt fermée par en haut, par une grande piece plate de terre de creuſet, qui garantit la vue de l'ardeur du charbon; on en met de pareilles aux côtés, afin de ne laiſſer qu'une ouverture aſſez grande pour laiſſer l'entrée libre à la piece qu'on doit paſſer au feu, ce qui concentre la chaleur en dedans du fourneau; ainſi le devant du fourneau eſt formé par des pieces de rapport.

1182. Lorſqu'on doit paſſer au feu des pieces plus petites, on garnit le dedans du fourneau de plaques de

terre de creuſet; & on forme un plus petit fourneau, afin de n'être pas obligé à allumer un auſſi grand feu que pour une grande piece.

5°. *De l'arrangement du Charbon & de la Mouffle.*

1183. Pour que la piece que l'on veut paſſer au feu ſoit plus facilement miſe en fuſion, il faut abſolument qu'elle ſoit placée au centre d'un foyer, où toute la chaleur du feu qui doit l'entourer aille ſe réunir, car il faut qu'elle ſoit échauffée de tous les côtés; c'eſt pour parvenir à ce but, que l'on forme dans le fourneau une petite chambre de la grandeur ſeulement requiſe, pour pouvoir y placer commodément la piece que l'on veut paſſer au feu, & que cette chambre eſt entourée de charbon de tous les côtés, à l'exception ſeulement de l'ouverture pour le paſſage de la piece.

1184. Pour former cette chambre, on ſe ſert d'une piece de terre de creuſet pliée en ceintre, & formant une voûte; on appelle cette piece ceintrée une *mouffle* : on a des mouffles de différentes grandeurs, ſelon celles des pieces que l'on doit paſſer au feu.

1185. Avant de poſer la mouffle dans le fourneau, on commence d'abord par former le ſol ou *âtre* avec pluſieurs lits de bâtons de charbon fait de bois de hêtre : l'âtre doit être fait avec trois rangées ou lits de charbons : l'âtre étant fait, on poſera la mouffle deſſus, & on en dirigera l'ouverture ſur celle du fourneau; on garnira le derriere ou fond de la mouffle avec du charbon mis en travers, pour boucher ce côté du ceintre : le charbon doit être arrangé avec beaucoup d'art, afin qu'à meſure qu'il ſe conſume, il ne faſſe pas déranger la chambre formée par la mouffle; on garnira de même les côtés & le deſſus de la mouffle, avec des bâtons de charbon de hêtre bien arrangés, & on remplira ainſi de charbon tout le vuide du fourneau, qui doit être tel que le charbon qui entoure la mouffle, forme une épaiſſeur de trois à quatre pouces au moins : alors on mettra

le feu au charbon, on fermera le devant du fourneau avec les planches de terre, dont nous avons parlé, & on laiſſera le charbon s'allumer tout ſeul, & par la ſeule action de l'air, à travers les fentes des pieces de terre du devant du fourneau, & de l'ouverture même pratiquée au fourneau pour le paſſage des pieces qu'on doit paſſer au feu.

1186. Lorſque le charbon eſt bien allumé, & que le feu à acquis ſa plus grande action, c'eſt l'inſtant de *paſſer le cadran au feu* : on en juge & par la vivacité du feu, & par la couleur de la mouffle, qui doit être d'un rouge blanc : alors on prend un grand ſoufflet, & on ſouffle vivement vers l'intérieur de la chambre, pour en faire ſortir les cendres ou autres parties qui pourroient s'en détacher & tomber ſur l'émail, & on ſoufflera le charbon pour l'animer encore.

1187. Pour paſſer le cadran au feu, on le poſe ſur une virole de fer, dont le bord eſt bien droit; cette virole eſt *ſoudée à chaud*, c'eſt-à-dire, par le fer même mis en fuſion; & pour que, lorſque le contrémail ſe fond, il ne s'attache pas à ce cercle, on en recouvre le bord avec du blanc d'Eſpagne; ce cercle, qui s'appelle la batte, doit ſe poſer ſur une plaque de tôle, qui ſert à porter la batte & le cadran au feu, avec de longues pincettes, appellées *releve-mouſtache*, aſſez fortes pour ne pas fléchir.

1188. Pour paſſer le cadran au feu, il faut qu'il ſoit bien ſéché, & il faut le préſenter doucement à l'ouverture du fourneau, afin de l'échauffer par degrés inſenſibles, enſorte que s'il reſte encore des parties humides, elles ſe deſſéchent ſans bouillonner : cela fait, on poſe la plaque de tôle ſur l'âtre, & contre le fond de la chambre formée par la mouffle, & on le laiſſe en repos, juſqu'à ce qu'on voye que l'émail commence à ſe mettre en fuſion; alors on fait tourner la tôle tout doucement, afin que la chaleur, ſi elle eſt inégale, frappe également toutes les parties de la ſurface du cadran : quand on voit que l'émail eſt fondu, ce qui ſe remarque aiſément par l'émail qu'on voit s'étendre, & par l'uni que prend ſa ſurface, on le retire du feu avec précaution;

on ne l'expose pas tout de suite au grand air, mais on le tient un moment à l'ouverture du fourneau, afin qu'il perde sa chaleur par degrés insensibles ; car si l'air froid vient à frapper subitement & inégalement sa surface, alors l'émail se fend & s'éclate.

1189. Lorsqu'on a ainsi passé le cadran à ce premier feu, on le met dans l'eau seconde, pour le dérocher de nouveau, avant que de le *charger du second émail* : on le fait dérocher cette seconde fois, pour nettoyer les parties du cuivre qui excédent l'émail, vers les bords & les trous; s'il y a des endroits en dessous du cadran qui ne soient pas contrémaillés, & où l'on voye le cuivre, on en remettra à ces endroits seulement; car on ne met qu'une couche de contrémail; ensuite, on prend de l'émail pilé plus fin que celui de la premiere couche, & préparé de la même maniere; on ôte l'eau qui surnage dans le vase, & on l'étend avec la spatule, & bien également sur toute la surface convexe du cadran ; on en pompe l'eau avec un linge, & on frappe de même l'alézoir pour ébranler l'émail, & en faire sortir l'eau jusqu'à ce que sa surface soit fort unie : on le fait sécher de la même maniere que la premiere fois ; on prépare un second feu avec les mêmes soins, & on passe le cadran au feu, au moment que le charbon a acquis la plus grande vivacité; on le retire avec les mêmes précautions, lorsqu'on a vu l'émail entiérement *parfondu*, & sa surface unie & glacée.

1190. Pour que l'émail soit beau, & la surface du cadran parfaitement unie, il est à propos de le charger d'émail une troisieme fois, & de le passer encore au feu, par la même méthode & avec les mêmes attentions : on observera que si le cadran avoit quelques boursoufflures, il faudroit les ouvrir, & les étendre avec un burin, & les remplir d'émail pilé fin, bien battu, & qu'en ces endroits, il doit être un peu plus élevé que la couche, afin qu'étant fondu, il revienne au niveau.

1191. Le cadran ainsi émaillé, il restera à peindre les

chiffres avec du *noir d'écaille*, qui eſt un émail tendre préparé. Mais avant de peindre le cadran, il faut le diviſer : pour cet effet, on commencera par tracer des traits fins avec le compas, dont la tête ſoit à champignon, & un crayon de mine de plomb, en place d'une des pointes : on formera d'abord un trait, qui détermine le bord à la grandeur de la lunette; un ſecond trait en dedans, pour terminer les diviſions des minutes (*Planche VII, fig. 3*); & laiſſant entre le premier une intervalle ſuffiſant pour les chiffres des minutes ; on tracera un troiſieme trait, pour régler la longueur des diviſions des minutes ; & enfin un quatrieme cercle, pour régler la longueur des chiffres des heures.

1192. Pour tracer les diviſions du cadran, on pourra le faire ſur une machine à fendre, ſi on en a une; ſinon, on aura une plate-forme ou diviſeur, fait avec une plaque de cuivre, qui ait douze à quinze pouces de diametre, & dont un cercle concentrique au trou du centre de la plaque ſoit diviſé en ſoixante parties : on poſe le cadran ſur cette plaque, que l'on perce de trous propres à laiſſer paſſer librement les pieds du cadran, & de maniere à centrer le cadran ſur la plaque.

1193. Pour placer le cadran concentriquement avec le diviſeur, celui-ci porte fixement à ſon centre un arbre, dont la tige eſt taraudée, & ſur laquelle on fait entrer une virole conique, que l'on fait poſer ſur le trou du cadran, & qui l'amene au centre de la plaque, au moyen de la preſſion de l'écrou qui appuie ſur la virole conique, ce qui fixe en même-temps le cadran & l'empêche de tourner : on ſuppoſe ici, que cet arbre du diviſeur doit être tourné rond, & s'élever perpendiculairement au plan du diviſeur, & être concentrique avec lui.

1194. Pour diviſer le cadran ſelon les diviſions de la plate-forme, on ſe ſert d'une alidade faite avec une lame de reſſort mince; un bout de cette lame entre ſur le bout de la tige de la plate-forme, & l'autre va poſer ſur le cercle de diviſion; ainſi en arrêtant l'alidade ſur un point de diviſion,

on tracera avec un crayon de mine de plomb, les divifions des minutes du cadran, comme l'on voit (*Planche VII, fig.* 3). Mais auparavant de tracer ces traits, il faut avoir l'attention de tourner le point de midi, qu'on a dû marquer au bord de la plaque, par une petite entaille faite d'après le trait de midi de la fauffe-plaque; il faut, dis-je, que ce point correfponde parfaitement avec le côté de l'alidade, lorfque celle-ci pofe fur une divifion du cercle partagé en foixante parties; finon, on tournera le cadran, indépendamment du divifeur, pour l'amener à ce point.

1195. Quand on aura tracé les divifions des minutes, on marquera un trait fur la divifion de midi, qui traverfe du quatrieme cercle au premier; il indiquera l'endroit où l'on doit peindre les 60 minutes & les 12 heures; on paffera cinq divifions, & on fera un pareil trait, pour défigner la place d'une heure & de la cinquieme minute, & ainfi de fuite; après cela on peindra le cadran, en fe réglant fur les divifions faites au crayon.

1196. Le noir que l'on emploie pour peindre les cadrans, s'appelle noir d'écaille; le plus beau que l'on ait fait jufqu'ici, fe vend chez M. *Gaillard*, fort habile Emailleur à Paris : cet Artifte compofe lui-même ce noir; c'eft lui qui fait nos plus beaux cadrans de Pendule; il a pouffé fon Art de lui-même, plus loin qu'on n'avoit fait avant lui : ainfi c'eft rendre fervice à ceux qui peuvent avoir befoin de ces ouvrages, que de le leur indiquer.

1197. Pour employer le noir, il faut le broyer très-fin dans un mortier d'agathe, avec de l'huile *d'afpic*. Pour donner une idée de la fineffe qu'il doit avoir, il faut employer au moins une demi-journée, pour en broyer un gros.

1198. Après que le noir eft broyé, on le retire du mortier, & on en pofe une partie fur un morceau de glace, (le refte doit être enfermé dans un vafe très-propre) & pour le rendre plus coulant & plus propre à être employé au pinceau, on y remet de nouvelle huile d'afpic; que l'on broie avec une petite fpatule d'acier.

1199.

1199. On peint d'abord, avec un petit pinceau, les traits des divisions des minutes, & on place ce pinceau sur le compas, pour tracer les cercles 1, 2, 3, 4; enfin on peint les chiffres des minutes & des heures.

1200. Lorsque le cadran est peint, on fait sécher lentement la peinture que l'on recouvre, pour qu'il ne s'y attache aucune saleté; on prépare le feu dans le fourneau; on l'allume, & lorsqu'il l'est au point convenable, on passe le cadran au feu; on ne le fait pas entrer tout-à-coup, mais on l'échauffe au contraire par degrés insensibles, afin qu'il ne se casse pas; on le place sur le fond de l'âtre & on l'y laisse jusqu'à ce que la peinture vienne unie & glacée, de matte qu'elle étoit; on fait tourner la tôle, pour que la chaleur fonde également le noir, & sans le brûler; on retire le cadran avec précaution, & il est fini.

VII. Ajuster les Aiguilles.

1201. Quand le cadran sera fini, on le posera sur sa fausse-plaque, & on pliera les pieds, s'ils s'étoient courbés, & si l'on voyoit que le centre ne coïncidât plus avec les canons des roues de cadran, & le trou du remontoir avec le quarré de l'arbre : ces pieds ainsi dressés, on adoucira le bord de la fausse-plaque, en dessous du bord du cadran, & le bord apparent; parce qu'il est inutile de limer la partie de la fausse-plaque, qui n'est point vue : cela fait, on pose le cadran sur la fausse-plaque, & on perce bien à raz le dessous de la plaque des trous à travers les pieds, afin de les goupiller, & fixer ainsi le cadran sur la fausse-plaque; mais on aura attention à ce que les goupilles que l'on emploiera ne forcent pas; car elles feroient capables de faire éclater le cadran : les trous doivent donc affleurer seulement avec le dessous de la fausse-plaque.

1202. Pour faire les aiguilles, on prendra du laiton mince d'environ une demi-ligne d'épaisseur, & pour longueur de celle des heures : celle *H*, prise du dehors du trou du cadran,

jufqu'au trait *h* des heures (*Planche VII, fig.* 3) ; & celle des minutes, depuis le dehors du même trou, jufqu'au trait de divifion des minutes *m* ; pour la largeur, approchant celle marquée par la figure : on planera ces deux plaques, on les limera, & on les dreffera; enfuite on percera à celle des heures un trou de même groffeur que le dehors du canon de la roue de cadran, & celle des minutes, de la groffeur du canon de la chauffée.

1203. Pour ajufter les aiguilles, il faut mettre la roue de longue tige en cage, & goupiller les platines, placer la chauffée fur fa tige, la roue de renvoi, & enfin le pont de cadran & la roue : on mettra enfuite la fauffe-plaque fur la platine; on pofera l'aiguille des heures fur le cadran ; on marquera à fleur du deffus de l'aiguille, un trait fur le canon de la roue de cadran, qui défignera la hauteur où doit s'élever le deffus de l'aiguille des heures ; on mettra la roue de cadran fur un arbre liffe, & on reculera l'affiette de la roue autant qu'il fe pourra, pour ne pas l'affoiblir : on coupera le canon au-deffus du trait marqué, & on diminuera ce canon, pour ne lui laiffer qu'un tiers de ligne de force ou environ tout autour : ce canon ne doit pas aller en diminuant de la roue jufqu'au bout; au contraire, il doit être plus petit du côté de la roue, afin que le canon de l'aiguille (qui doit être fendu pour faire le reffort) y étant entré, foit retenu, & ne puiffe pas en fortir, lorfqu'on tourne l'aiguille pour la mettre à l'heure.

1204. Quand on aura coupé de longueur le canon de la roue de cadran, on coupera celui du pont, afin qu'il ne déborde pas celui de cadran ; ce que l'on fera en le mettant fur un arbre liffe : fi le canon de cadran ne roule pas affez librement, on diminuera le canon du pont, en le roulant, pour l'adoucir.

1205. Le canon de la roue de cadran, étant ainfi préparé, on percera un bout de fil de laiton bien écroui, lequel aura affez de groffeur pour qu'étant percé d'un trou propre à entrer fur le canon de la roue de cadran, il refte autour

de quoi lever une aſſiette, pour y river la plaque de l'aiguille des heures; on coupera ce canon un peu plus long que n'eſt le canon de la roue de cadran, depuis l'aſſiette juſqu'au bout du canon, à cauſe de la rivure qu'il faut pour l'aiguille, & que d'ailleurs il vaut mieux raccourcir le canon, lorſque cette aiguille eſt rivée, pour la faire deſcendre à raz du deſſus du cadran; on percera le canon d'un trou qui ſoit de la groſſeur du plus petit endroit du canon de cadran, & on l'aggrandira de ſorte que le plus grand côté du trou ne faſſe qu'entrer ſur le bout du canon de la roue de cadran : on mettra ce canon ſur un arbre liſſe, & on formera au bout le plus aggrandi du trou, une aſſiette, pour y river la plaque de l'aiguille des heures : on réſervera en deſſous un peu d'épaiſſeur pour l'aſſiette, & on amincira le reſte du canon par ſon petit bout, enſorte qu'il n'ait qu'un quart de ligne d'épaiſſeur tout autour du trou : on aggrandira le trou de la plaque de l'aiguille, pour la faire entrer ſur l'aſſiette du canon, & on la rivera; enſuite on paſſera l'équarriſſoir en dedans, pour ôter la bavure faite par la rivure; on fera entrer un morceau de bois, qui rempliſſe le trou du canon qui ſaille du côté de l'aiguille; on l'attachera à l'étau, & avec une ſcie on fendra le petit bout du canon juſqu'à l'aſſiette; par ce moyen, il fléchira & fera reſſort pour entrer ſur le canon de la roue, & il tendra à y reſter lorſqu'il y ſera.

1206. Pour achever de donner la longueur convenable au canon de l'aiguille, on mettra la roue de cadran ſur ſon pont, & la fauſſe-plaque en place; & on mettra l'aiguille ſur le canon de la roue : ſi l'aiguille n'approche pas tout-contre le cadran, ſans cependant y toucher, on accourcira le canon de l'aiguille, & convenablement.

1207. L'aiguille des heures étant ajuſtée ſur ſon canon, on limera le bout de la plaque pour l'aiguille en pointe & de longueur juſte à marquer ſur le cercle du cadran, qui borne le bas des chiffres des heures; enſuite on fera avec un compas ou ſur le tour, un trait tout autour du canon, qui ſoit tel

que le milieu de l'aiguille recouvre le trou du cadran, & qu'il reste assez de force autour du canon, pour que l'aiguille soit solide.

1208. On voit, par cet ajustement de l'aiguille des heures, que l'on peut faire tourner cette aiguille, indépendamment du canon de la roue de cadran, & que, par conséquent, celle-ci reste immobile ainsi que la chaussée, qui doit porter l'aiguille des minutes : mais il n'en doit pas être de même de l'ajustement de l'aiguille des minutes ; car il faut que lorsqu'on la fait tourner, elle entraîne la chaussée qui doit se mouvoir à frottement sur la tige prolongée de la roue des minutes : or la roue de chaussée fait nécessairement tourner la roue de renvoi *S* (*Planche V, fig.* 3), & le pignon de celle-ci la roue de cadran; ainsi à mesure qu'on fait tourner l'aiguille des minutes, celle des heures est entraînée, & avance proportionellement à celle des minutes; c'est-à-dire, que pendant qu'on avance l'aiguille des minutes d'un tour, qui fait une heure, l'aiguille des heures avance de la douzième partie de sa révolution, qui répond à une heure.

1209. Pour obliger l'aiguille des minutes d'entraîner la chaussée, on lime le bout de la chaussée quarrément, & on fait le trou de l'aiguille de même figure; mais comme cet ajustement seroit sujet à laisser vaciller l'aiguille de haut en bas, si le quarré de l'aiguille n'avoit pour épaisseur que celle de l'aiguille même, on ajuste un canon épais sur cette aiguille, & c'est sur ce canon que l'on forme le trou quarré : ce canon a, d'ailleurs, un autre avantage; c'est que, comme il entre en rond sur l'aiguille, avant de le river entiérement, on peut tourner l'aiguille séparément de l'assiette, afin de faire détendre l'étoile de la répétition à l'instant juste où l'aiguille est sur la soixantieme minute, ainsi que nous allons l'expliquer.

1210. Lorsque l'aiguille des heures est ajustée, on la met en place, ainsi que la chaussée, & on marque à fleur du bout du canon du cadran, un trait sur la chaussée, qui

déſigne l'origine du quarré qu'on doit y former : on démonte la chauſſée, & on la place ſur un arbre liſſe; on fait par la marque donnée un petit trait, & on coupe au-deſſus de ce trait le canon, en laiſſant environ deux lignes $\frac{1}{2}$ pour la longueur du quarré; on lime ce quarré bien exactement, & ſelon le trait qui en régle la longueur.

1211. Pour faire l'aſſiette de l'aiguille des minutes, on prendra du fil de laiton de groſſeur convenable, pour que le trou quarré étant fait, il reſte autour de quoi former une aſſiette, & avoir une portée pour la rivure, c'eſt-à-dire, plus de trois lignes, & pour longueur, celle du quarré fait à la chauſſée; on percera le trou, & on l'*étampera*, enſorte qu'il entre très-juſte ſur le quarré de la chauſſée, mais pas tout-à-fait au fond; on le mettra ſur un arbre liſſe; on le tournera; on formera ſur le petit bout une aſſiette & portée pour y river l'aiguille; on aggrandira le trou de la plaque de l'aiguille des minutes, pour entrer ſur cette rivure de l'aſſiette, & on ébiſelera le trou de l'aiguille, pour la place de la rivure, avec le foret à chanfrein: au lieu de faire des encoches, avec la lime à queue de rat, qui ne permettroient pas de laiſſer tourner l'aiguille ſéparément de l'aſſiette, ſelon qu'il en ſera beſoin pour la faire détendre à l'heure; on rivera l'aiguille ſur ſon aſſiette, mais pas entiérement, pour la raiſon ſuſdite : on chaſſera l'étampe à force dans ce trou, pour en faire ſortir les bavures, & on achevera d'étamper le trou, pour qu'il entre au fond du quarré de la chauſſée; alors on limera l'excédent du quarré de chauſſée à raz l'aſſiette, & on donnera un trait de burin profond, qui faſſe le repaire de l'aſſiette avec la chauſſée; on donnera un trait de compas ſur la plaque, qui régle la quantité de matière qui doit reſter à l'aiguille, autour de l'aſſiette.

1212. L'aiguille ainſi préparée, on mettra ſur le bout du canon une petite plaque, qu'on appelle la *goutte*, laquelle eſt retenue par une goupille, qui traverſe le bout du pivot de chauſſée; cette goutte retient la chauſſée & l'aiguille, les empêche de ſe ſéparer, & de changer de place, ſelon la longueur de la tige.

1213. Pour faire la goutte, on prendra une petite plaque de laiton écroui, à laquelle on donnera même grandeur que le trait en queſtion; on percera cette plaque (miſe ronde à la lime) d'un trou de même groſſeur que le bout de la chauſſée, & on tournera cette goutte un peu concave, du côté où elle doit appuyer ſur l'aiguille, & convexe du côté où la goupille doit la retenir.

1214. On mettra cette goutte ſur le bout de la tige de chauſſée, & on la fera poſer ſur l'aiguille, & de ſorte que la chauſſée ſoit enfoncée contre la portée de la tige, & le quarré de l'aiguille ſur le bas du quarré de la chauſſée; alors on marquera à fleur le deſſus de la goutte un trait ſur le bout de la tige, qui déſignera l'endroit où il faut percer le trou pour *goupiller la goutte ;* mais on ne percera ce trou qu'après qu'on aura fini d'ajuſter les aiguilles, & qu'on aura démonté la roue de longue tige; ce que nous expliquerons en ſon lieu.

1215. Pour faire détendre l'aiguille des minutes, il faut mettre le limaçon des quarts ſur ſon quarré, mettre en place l'étoile & le tout-ou-rien; & enfin le valet preſſé par ſon reſſort, les roues de chauſſée & de renvoi & le pont de cadran, lequel ſervira à retenir la roue de chauſſée dans ſon engrenage, à meſure qu'il eſt beſoin d'ôter l'aiguille de deſſus le quarré de chauſſée pour le faire détendre; on mettra l'aiguille des minutes à ſon repaire, après l'avoir premiérement miſe de longueur, & avoir terminé le bout en pointe. Quand on aura préparé le tout, comme je viens de le dire, on fera tourner doucement l'aiguille des minutes; en remarquant à quel point du cadran elle eſt ſituée, lorſque l'étoile détend (115) : ſi elle n'eſt pas juſte ſur la ſoixantieme diviſion, c'eſt-à-dire, ſur midi, on ôtera l'aiguille de deſſus la chauſſée, & on la fera entrer ſur le quarré qui a ſervi à étamper l'aſſiette; on attachera ce quarré à l'étau fixement, tandis qu'on fera tourner l'aiguille du côté convenable, pour la faire détendre à midi : on répétera cette opération, juſqu'à ce que l'étoile détende exactement, lorſque la pointe

de l'aiguille fera fur la foixantieme divifion du cadran; cela fait, on achevera de river l'affiette fur l'aiguille, & on la repréfentera encore pour voir fi, en rivant, l'aiguille ne s'eft point dérangée; fi cela étoit, il faudroit un peu forcer l'aiguille, pour la faire tourner, ou bien courber un peu l'aiguille.

1216. L'aiguille ainfi ajuftée, on s'en fervira pour vérifier la jufteffe de l'étoile; car fi elle n'eft pas jufte, elle détendra, tantôt lorfque l'aiguille eft jufte fur 60, & tantôt lorfquelle paffe ou qu'elle précede cette divifion; pour corriger cette inégalité de l'étoile, on en courbera un peu les pointes des rayons, avec des pinces à goupilles un peu fortes, ou bien, on les limera, & on les jettera un peu fur un côté, & jufqu'à ce qu'on foit parvenu à faire détendre les douze rayons de l'étoile au même inftant, ou très-approchant.

1217. Lorfqu'on a égalifé les rayons de l'étoile, on vérifie la longueur des degrés du limaçon des quarts, lefquels doivent être tels qu'au moment que l'aiguille des minutes eft parvenue fur les quinze minutes ou le quart, fur la demie, ou enfin fur les quarante-cinq minutes du cadran, la piece des quarts *Q* (*Planche V*, *fig.* 2) defcende fur le premier, deuxieme ou troifieme degré; & c'eft pour avoir la facilité de leur donner cette jufteffe, qu'on a tenu ces degrés plus longs.

1218. Pour rendre les degrés du limaçon des quarts de la longueur néceffaire, on mettra en place la pièce des quarts; on fera tourner l'aiguille des minutes fur le quart ou 15 minutes du cadran, & on l'arrêtera en ce point; en ce moment on fera defcendre la pièce des quarts fur le limaçon; & comme elle pofera encore fur le pas *h*, on marquera bien jufte par le dedans du bras *k*, un trait fur le bord du limaçon, qui défignera jufte l'endroit où doit être reculé le degré 1.

1219. Pour le degré de la demie ou deuxieme quart, on fera avancer l'aiguille jufqu'à la trentieme minute du

cadran, & on l'arrêtera en ce point; on fera approcher la pièce des quarts contre le limaçon, & on marquera par le dedans du bras, le point où doit être reculé le deuxieme degré, & pour le troisième quart, on fera la même opération : on reculera donc les degrés selon ces traits, & en suivant le même enfoncement des degrés; enfoncements qui sont marqués par les traits de burin que l'on a faits sur le limaçon pour le tailler.

1220. Cela étant fait, on ôtera l'aiguille des minutes, on démontera la fausse-plaque; mais on aura l'attention, aussitôt que cela sera fait, & avant de lever le pont de cadran, de démonter la roue de renvoi, de marquer un repaire d'une dent de cette roue avec l'intervalle de la dent de chaussée, qui sont actuellement correspondantes sur ces roues, comme on le voit en 3, 4 (*fig.* 3); on marquera ce repaire, par des points faits avec un foret, afin que toutes les fois qu'on rassemblera ces roues, elles s'engrenent par les mêmes dents, & que, par ce moyen, l'étoile détende sur le midi; car sans cette précaution, on seroit obligé à chaque fois qu'on remonte l'Horloge, de tâtonner le point d'engrenage de ces roues, pour faire détendre l'étoile.

1221. Cela fait, on démontera les roues de cadran de dessus la platine, & la roue de longue tige de la cage : alors on pourra percer le trou de goupille, marqué au bout de la tige. Pour percer ce trou, il faudra amollir le bout de cette tige; pour cet effet on le fera chauffer avec le chalumeau, jusqu'à ce qu'il soit revenu passé gris à l'endroit seulement du trou; car il faut ménager le reste de la tige : lorsqu'il sera revenu, on marquera, par le trait, un point avec un pointeau; on fera un foret (avec de l'acier bien fin) qui ait pour grosseur un peu plus d'un douzieme de ligne, & dont le bout soit arrondi; on trempera ce foret, & on ne fera revenir que la tige, en conservant au bout toute sa dureté; on percera bien droit à travers la tige; si on casse le foret dans le trou, ainsi que cela arrive quelquefois, on en sera quitte pour chauffer de nouveau le bout

de

de la tige, afin d'amollir le bout de foret caſſé dedans, & pour refaire un autre foret.

1222. Lorſque la tige eſt goupillée, on en coupe une partie en deſſus du trou; on arrondit ce bout, & on l'adoucit enſuite avec une pierre à huile; enfin on le polit avec un bruniſſoir; on adoucit la tige, ſelon ſa longueur, avec la pierre à huile; ce qui ôte le noir du feu, & les traits faits au tour.

1223. Il reſte maintenant, pour achever tout ce qui concerne l'ajuſtement des aiguilles, à produire le frottement de la chauſſée ſur ſa tige, afin que le mouvement de la longue tige entraîne la chauſſée & les aiguilles, & que ce frottement ſoit tel, qu'en tournant l'aiguille des minutes à la main, elle ne force pas la tige qui la porte: pour produire cet effet, on fend le canon de chauſſée ſelon ſa longueur, depuis le deſſous du quarré juſqu'à l'aſſiette, comme on le voit à la chauſſée *C* (*Planche VI, fig. 6*); mais avant de fendre la chauſſée, il eſt néceſſaire de diminuer un peu la groſſeur du canon de chauſſée, afin qu'elle roule librement dans le trou du canon du pont, & ſans pouvoir y frotter, ce qui ſeroit très-nuiſible; & cela eſt ſur-tout néceſſaire, puiſque pour poſer ce pont, & le centrer, on le fait entrer juſte ſur le canon de chauſſée.

1224. Pour fendre la chauſſée, on la limera en travers, & on fera des deux côtés oppoſés une entaille, juſqu'à ce qu'on ait commencé à atteindre le trou; alors on fera paſſer une lime à égaler mince, & on formera la fente telle qu'on la voit (*Planche VI, fig. 6*): on ôtera les bavures en dehors avec la lime, pour qu'elles ne puiſſent pas toucher au trou du pont de cadran; & en dedans, on paſſera le même équarriſſoir dont on s'eſt ſervi pour aggrandir le trou de chauſſée; cela fait, la chauſſée roulera librement ſur ſa tige; mais pour produire le frottement, on frappera ſur le milieu de la partie fendue du canon aux deux côtés, afin de les rapprocher du centre du trou; c'eſt la preſſion de ces deux côtés qui formera le frottement que l'on adoucira, & on

les empêchera de se gripper sur la tige, en y introduisant un peu d'huile.

1225. Lorsque les aiguilles seront ainsi ajustées, elles seront prêtes à être gravées, ou si l'on veut les terminer soi-même, on pourra les faire selon la figure des aiguilles *a*, *b* (*Planche XII*, *fig.* 1), lesquelles étant d'un modele fort simple, peuvent être facilement exécutées; il restera à les dorer; ce que l'on fera de la maniere suivante.

Dorer les Aiguilles en or moulu.

1226. Pour dorer en or moulu, on prend de l'or de ducat d'Hollande, c'est-à-dire, que l'or le plus fin est le meilleur.

Préparation de l'Or.

1227. Il faut forger l'or, & le réduire en une plaque la plus mince qu'il se pourra au marteau, sur un tas uni & poli; la plaque d'or étant ainsi réduite, on la coupera avec des ciseaux, en très-petits morceaux ou paillons; ensuite l'on jettera cet or dans un verre bien net; on mettra dans le même verre du mercure, que l'on mêlera avec l'or, jusqu'à ce qu'il soit devenu blanc: (Si l'on a dix-huit grains d'or, on mettra deux gros de mercure, c'est-à-dire, huit fois plus de mercure que d'or).

1228. L'or ainsi préparé, on fera chauffer un creuset dans un réchaud rempli de charbon bien allumé; lorsque ce creuset est bien rouge, on y jette l'or & le mercure; & avec une verge de cuivre ou de bois, on mêle l'un & l'autre jusqu'à ce que l'or soit dissous & que le mercure s'étant évaporé en partie, le reste forme une pâte; dans le moment, on la jette dans de l'eau pure: si la pâte est malléable, on la laisse en cet état; mais si elle est trop fluide, on la remet de nouveau dans le creuset, pour faire encore évaporer le mercure; mais si la pâte est trop dure pour ne pouvoir s'étendre aisément à la main, il faut remettre du mercure, &

la jetter dans le creuset que l'on conserve rouge : pendant cette opération, on évitera de respirer l'air à cause du mercure.

Préparation des Aiguilles, pour y appliquer l'Or.

1229. Pour préparer la piece, que l'on veut dorer, de maniere à recevoir l'or, on prend du laiton que l'on lime de la figure d'un brunissoir ; on le plonge dans de l'eau forte, & ensuite dans le mercure, de sorte qu'il s'amalgame à cette espece de brunissoir qu'on appelle un *Avivoir* : l'avivoir ainsi recouvert de mercure, on le passe sur la piece que l'on veut dorer, jusqu'à ce qu'elle soit blanchie par le mercure qu'emporte l'avivoir ; on appelle cette opération *aviver* ; lorsqu'on a ainsi avivé & recouvert de mercure la partie de la piece qui doit être dorée, on prend une brosse, afin d'étendre également le mercure sur toute la surface de la piece ; on a le soin, pendant toute cette opération, de tenir l'aiguille avec un linge, pour que le mercure ne pénètre pas les doigts.

1230. Lorsque la piece est avivée, on prend, avec l'avivoir, de l'or préparé, & on en recouvre la surface de la piece à dorer ; ensuite on place cette piece sur un feu doux recouvert de cendre, & on la laisse s'échauffer, jusqu'à ce qu'on voye que l'or commence à bouillonner ; dans l'instant on la retire & on la brosse pendant qu'elle est chaude, & très-légérement, afin de ne pas emporter l'or ; on remet de nouveau la piece sur le feu, & dès qu'elle est chaude, on la retire, & on continue à brosser, pour étendre l'or, & le rendre uni ; opération que l'on recommence, jusqu'à ce que l'or se fixe, & soit parfaitement uni ; alors on laisse la piece sur le feu, jusqu'à ce que le mercure soit entiérement évaporé (c'est ce qu'on appelle faire sécher), & que la piece reste jaune.

1231. Pour achever de faire disparoître le mercure, on plonge la piece dans l'huile d'olive, & on la met sur le feu, jusqu'à ce que l'huile s'évapore, & au point d'ac-

quérir une couleur rougeâtre ; alors on essuie la piece avec un linge ; si elle reste noire, c'est une marque qu'il n'y a pas assez d'or ; dans ce cas, il faut remettre de nouveau de l'or avec l'avivoir, & recommencer l'opération indiquée.

1232. Lorsque la piece est ainsi dorée, sa surface reste matte ; il reste à donner le brillant à l'or ; ce que l'on fait avec une *gratte boisse* ; pour cet effet, on met de l'urine dans un vase de faïance, qui soit neuf & verni ; on y plonge la piece dorée, & on la *gratte-boisse* jusqu'à ce qu'elle devienne brillante.

1233. Lorsque la piece dorée est gratte-boissée, on la met dans de l'eau commune, & on l'essuie avec un linge très-propre ; ensuite on la pose sur le feu de cendre, & on la laisse chauffer, jusqu'à ce que l'or qui étoit pâle, change de couleur ; & pour juger du degré de chaleur que la piece doit prendre, on met dessus un petit morceau de papier de soie (ou bien un bout de ressort spiral, qui, lorsqu'il devient bleu, marque que l'on doit retirer la piece) ; lorsque ce papier devient jaune, on retire la piece, & on la gratte-boisse de nouveau ; on la met dans l'eau, & ensuite sur le feu : on recommence cette opération jusqu'à quatre fois, & la piece est dorée. Voilà en gros les opérations requises pour dorer les aiguilles, & que l'on peut appliquer à toutes les pieces d'une montre, platine, coq, roues, &c.

VIII. *De l'Ajustement du Timbre & des Marteaux.*

1234. Le timbre sur lequel les marteaux de répétition *f*, *l*, *tm*, (*Planche V*, *fig.* 2) doivent frapper, doit s'attacher sur un pont coudé, qui se fixe sur le dehors de la seconde platine ; le timbre ni son pont ne sont pas ici représentés, parce qu'ils auroient caché la cadrature, qu'il est essentiel de voir : le côté plan du timbre doit être placé au-dessus de la cadrature, & parallélement à la platine, &

auffi éloigné de la platine que le permet la profondeur de la boîte : le côté convexe devant approcher tout contre le fond du cartel, le timbre ne devra avoir que huit lignes de hauteur au plus, afin qu'entre les plus hautes pieces de la cadrature & le timbre, il refte une place fuffifante pour la verge du pendule qui doit s'y mouvoir ; on fera donc un pont recourbé pour porter le timbre, & qui l'éleve convenablement au-deffus de la platine; ce pont devra être plié, pour paffer en deffous du timbre dans fa partie concave, & aller joindre le trou dont le timbre eft percé, pour y être arrêté au moyen d'une vis dont la tête fera à fleur du dehors du timbre, & fera taraudée fur ce pont, qu'on appelle le *Porte-timbre*; le porte-timbre fait, on l'attachera fur la platine, au moyen d'une vis.

1235. Pour terminer la pofition du timbre fur la platine, il faudra obferver qu'elle doit être telle que le bord fupérieur du timbre, fur lequel les marteaux doivent frapper, doit être fitué à peu-près dans la ligne de niveau qui paffe entre les deux centres *f*, *t* des marteaux ; par ce moyen, les marteaux *l*, *m* frapperont avec plus d'énergie, à caufe de la force qu'ils acquerront par la defcente accélérée, jointe à la preffion des refforts.

1236. Pour arrêter le porte-timbre en cette pofition, on percera fa bafe, qui eft femblable à celle du coq *p*, *s*; (*fig.* 3) de deux pieds, pour l'empêcher de tourner, & le rendre fixe au moyen de la vis.

1237. Les marteaux font formés de trois pieces; 1°, des maffes *l*, *m*, (*fig.* 2) qui font proprement les marteaux; 2°, des manches de marteau *f*, *l*, *t*, *n*; & enfin des canons qui entrent quarrément fur les tiges de marteau : c'eft fur ces canons que font rivés les manches des marteaux.

1238. Pour faire les quarrés des tiges de marteau, on les mettra en cage, & l'on marquera à raz le dehors de la platine, fur leurs pivots prolongés, des traits qui indiqueront l'origine des quarrés qu'il faut y former, pour y faire entrer les canons *f* & *t* des marteaux; on formera à ces

marques des tiges, des traits de burin; on limera les quarrés, que l'on rendra bien réguliers; on les adoucira; on prendra du fil de laiton non écroui, qui ait trois lignes de grosseur; on en coupera deux bouts de la longueur des quarrés; on en percera, & on les étampera, de sorte que leurs trous, rendus quarrés, entrent bien juste sur les quarrés des tiges, on marquera par en bas des repaires de chaque canon avec son quarré, ce qui servira à replacer le canon, afin qu'il présente toujours le même côté du trou au même pan sur lequel on l'a d'abord fait entrer; on tournera ces canons, & on formera sur l'extrémité du petit côté du trou des assiettes, pour pouvoir y river les *branches* ou *manches* de marteau; on diminuera ce canon en dessous de l'assiette, & on adoucira ces canons & assiettes.

1239. Pour faire les manches de marteau, on prendra du laiton qui ait deux tiers de ligne d'épaisseur, & quatre lignes de largeur; & pour longueur, un peu plus que la distance qu'il doit y avoir des centres *f* & *t* aux points de contact des marteaux : ce point de contact doit être tel que nous l'avons indiqué (331); on écrouira ces branches de marteau; on percera à un bout, un trou pour entrer sur l'assiette du canon, & on limera le reste d'abord quarrément; en allant en diminuant jusqu'au bout, ensuite on le rendra rond; c'est cette partie qui doit former le manche.

1240. Quand on aura fait les manches, on fera les marteaux; on prendra du fil de laiton qui ait au moins six lignes de grosseur, on en coupera deux bouts qui aient deux lignes d'épaisseur; on écrouira ces marteaux, & on les percera au centre d'un trou qui ait environ trois quarts de ligne; on les chassera sur un arbre lisse, pour les tourner dessus & sur les côtés; le dessus doit être un peu arrondi, afin de ne frapper sur le timbre que par un point; on les adoucira; on les percera par le bord, au milieu de leur épaisseur, d'un trou qui soit dirigé au centre, & qui soit de la grosseur du petit bout des manches; c'est par ce trou qu'ils doivent être *emmanchés* sur les branches; on percera

ce trou jusqu'au centre du marteau, & on le fera un peu plus petit que le bout du manche, afin que celui-ci y entre à force.

1241. On mettra les tiges de marteau en cage, ainsi que leurs ressorts; on fera entrer les canons sur leurs quarrés & à leurs repaires; on mettra le timbre en place; on mettra les trous des manches en chanfrein pour la rivure : on présentera ces manches sur leurs canons, & on dirigera ces manches au-dessus du timbre, à la distance du rayon du marteau, & cela lorsque le ressort de marteau est à son repos : on rivera le manche sur son canon en cet état, & en prenant garde qu'il ne se dérange, ce qui le feroit trop approcher ou trop écarter du timbre, ensorte que l'on seroit obligé de le couder, pour le ramener au point convenable; mais pour éviter cet inconvénient, avant d'achever de river le manche, on le présentera encore avec le timbre; on en fera autant aux deux manches.

1242. Lorsqu'on aura rivé les manches de marteau, il faudra les couper de longueur convenable, pour que le point de contact sur le timbre se fasse par la tangente (331) qui passe du point d'attouchement du marteau par le centre de mouvement du marteau; on limera les bouts des manches, & on les fera entrer un peu à force sur les marteaux; car pour achever de fixer les marteaux, il faut éprouver s'ils ne sont pas trop pesants, pour que le ressort moteur ne pût pas les élever pour les faire frapper.

1243. Ainsi pour éprouver la pesanteur des marteaux & la force des ressorts, & la proportionner à la force du moteur de la répétition, il faut remonter le rouage de répétition & le volant, les marteaux & bascules; il faut mettre les ressorts de marteau en place (mais avant tout, il faut nettoyer tous les trous des pivots de répétition); il faut goupiller la cage, & voir si, en cet état, les roues sont bien libres en hauteur; si cela n'est pas, on démontera le rouage, & on reculera les portées qui sont trop hautes, on verra si les pivots sont libres dans leurs trous; & si cela

n'eſt pas, on les aggrandira en conſéquence, parce qu'avant de toucher aux reſſorts de marteau pour les affoiblir, ou aux marteaux pour les diminuer, il faut commencer par ôter toutes les gênes du rouage, & réduire tous ſes frottements à l'état où ils doivent reſter lorſque l'Horloge ſera finie & remontée.

1244. Le rouage, les baſcules & les tiges de marteau ainſi raſſemblés, on attachera le barillet de répétition *B*, (*fig.* 3) ſur la platine; on mettra la tête de l'arbre ſur ſon quarré, & on placera le couvercle; on mettra la poulie *P* (*fig.* 2) ſur ſon quarré, pour s'en ſervir à remonter le reſſort; on mettra le timbre en place ainſi que les marteaux; ſi, après avoir remonté le grand reſſort, il n'eſt pas capable de faire frapper les marteaux, on affoiblira un peu les reſſorts, ſoit en diminuant leur bande, ſoit en les aminciſſant, s'ils ſont trop roides; ou bien, on peut encore changer leur preſſion ſans les affoiblir, en les accourciſſant un peu, afin qu'ils agiſſent plus près du centre des bras *i* (*fig.* 8) & *c* (*fig.* 9).

1245. Si, après avoir affoibli les reſſorts, & diminué leur bande ou preſſion contre les bras des tiges de marteau, le grand reſſort de répétition a encore de la peine à les faire lever, on pourra diminuer un peu les marteaux; mais ſi après toutes ces opérations les coups de marteau devenoient foibles, alors il ſeroit préférable de changer le grand reſſort de répétition, & d'en mettre un autre, qui, faiſant moins de tours, ſeroit plus fort; ainſi l'on pourroit, par ce moyen, redonner plus de bande aux reſſorts de marteau.

1246. Les marteaux de répétition ainſi mis de peſanteur, & les reſſorts étant de force convenable, on chaſſera tout-à-fait les marteaux ſur leurs manches; enſuite l'on marquera l'endroit du quarré où l'on doit percer les trous pour les goupiller; ces trous de goupilles doivent être à raz du bout du canon.

1247. Avant de démonter le barillet de répétition, on marquera au raz du barrillet la hauteur où l'on doit

couper

couper l'arbre, qui ne doit pas être plus saillant que le barillet.

1248. On démontera le rouage de dedans la cage; on fera revenir les bouts des tiges de marteau, & on percera, par les endroits marqués, les trous de goupille; on limera les bouts de quarré au raz de ces trous, en laissant une force convenable en dessus; on adoucira & on polira les bouts de ces quarrés.

1249. Pendant qu'on est à percer les trous de goupille, on fera ceux des tenons de cadrature du quarré de la poulie, & de celui du limaçon des quarts; on placera la poulie sur son quarré, & à son repaire; on marquera au raz du devant des ailes du pignon un trait sur le quarré de l'arbre, pour désigner l'endroit où l'on doit percer le trou pour goupiller & fixer la poulie sur son quarré; on ôtera la poulie; on fera revenir le bout de l'arbre; on donnera un coup de pointeau par la marque; on percera le trou, & on coupera l'arbre un peu au-dessus du trou; on adoucira & on polira ce bout d'arbre: on coupera le bout du quarré du barillet par le trait marqué; on adoucira & on polira le bout.

1250. Pour goupiller le limaçon des quarts, on placera le limaçon sur son quarré, & on marquera au raz du bout de la tige un trait par lequel on doit percer le trou; on fera revenir le quarré; on fera un point avec le pointeau; on percera le trou, & on coupera le quarré au-dessus du trou; on l'adoucira & on le polira.

1251. On a goupillé les quarrés de la poulie & du limaçon des quarts, selon la longueur qu'avoient leurs canons, sans s'astreindre à une mesure, parce que rien ne les gêne; mais il n'en est pas de même de la broche de la piece des quarts, au-dessus de laquelle la fourchette d'échappement doit passer; ainsi le bout de cette broche ne devra pas être plus élevé que le ressort *dy* du tout-ou-rien, au-dessus duquel la fourchette doit aussi passer: on accourcira donc premiérement cette broche, en la mettant à la hauteur du tout-ou-rien; & s'il n'y a pas assez de place pour la goupille,

entre le bout du canon de la piece des quarts & celui de la broche, on percera, malgré cela, le trou de la goupille tout près du bout de la broche, & on accourcira ensuite les canons du doigt & de la piece des quarts, jusqu'à ce qu'ils soient à fleur du trou, & qu'ayant mis une goupille dans ce trou, elle n'empêche pas de tourner (librement) la piece des quarts & le doigt; & on ne les accourcira pas plus qu'il n'est besoin, afin que les canons n'aient pas de jeu en hauteur.

1252. Après qu'on a percé les trous des goupilles, il faut en ôter la rebarbe avec un foret, avant de faire entrer la broche dans le trou de son canon, parce que ces bavures déchireroient le trou du canon.

1253. Par rapport aux autres pieces qui doivent être goupillées, telles que la broche du rateau du tout-ou-rien & du valet; comme elles ne se trouvent pas placées dans le passage du pendule (à cause que celui-ci ne doit pas décrire de fort grands arcs), on percera les trous à fleur des canons, & de maniere que les goupilles n'ôtent pas la liberté de ces pieces; si donc on perce le trou un peu trop près, on raccourcira un peu le canon.

1254. Lorsque les trous des goupilles seront percés, on ôtera leurs bavures avec un foret, & on passera ensuite le brunissoir tout autour; on coupera les tenons un peu au-dessus des trous; on les adoucira, & on les polira.

IX. *De l'exécution du Ressort moteur de l'Horloge.*

1255. QUOIQUE les ressorts de Pendule & de Montre ne soient pas exécutés par les Horlogers, mais bien par des Ouvriers particuliers, qui ne font que cela (*voyez Disc. Prélim.*); je ne laisserai pas de donner ici la maniere dont les ressorts de Pendule sont fabriqués; ce que je ferai, pour contenter les personnes qui desireront être instruites de tous les procédés que l'on met en usage pour la fabrication de

nos Horloges ; c'eſt auſſi pour ſatisfaire la curioſité de ces perſonnes, que je ſuis entré dans le détail de l'émail pour les cadrans : on ne doit pas s'attendre que je m'étende ſur les reſſorts plus que je n'ai fait pour les cadrans ; car je ne prétends que de donner ſur ces deux Articles de ſimples notions, puiſque chaque objet, pour être traité à fond, exigeroit ſeul un Traité particulier.

1°. De l'Acier que l'on emploie pour faire les Reſſorts de Pendules : De la maniere de forger ces Reſſorts.

1256. L'acier dont on ſe ſert pour faire les reſſorts de Pendules, s'appelle *Etoffe de Pont :* les Faiſeurs de reſſorts le préferent à l'acier d'Angleterre, parce qu'étant employé pour faire un reſſort, en conſervant ſon élaſticité, il eſt moins ſujet à caſſer.

1257. Pour faire un reſſort tel que celui de notre Horloge à répétition, il faut prendre une livre $\frac{1}{2}$ d'acier ou *étoffe :* on le forge d'abord, & on le prépare de ſorte qu'il forme une verge dont la largeur ſoit d'environ ſix lignes, & l'épaiſſeur deux lignes ; l'on amene cette verge à la longueur que peut donner l'acier ; c'eſt ce qu'on appelle *dégroſſir.*

1258. Quand l'acier eſt dégroſſi, on l'élargit [a] à

[a] Pour plus de promptitude, les Forgerons de reſſorts, au lieu de forger ſimplement un reſſort, en dégroſſiſſent deux de même dimenſion, qu'ils appliquent enſuite l'un ſur l'autre, & les font chauffer enſemble dans le milieu de leur longueur ; lorſque ces verges ont la chaleur convenable, ils frappent à grands coups ſur les deux, en les tenant bien jointes enſemble, en ſorte qu'elles s'élargiſſent toutes deux en même-temps : lorſqu'ils ont élargi le milieu d'environ la longueur d'un pied, & qu'ils ont donné la largeur requiſe, ils ſéparent ces deux verges ; enſuite ils en prennent d'abord une qu'ils plient par l'endroit élargi, à-peu-près comme une pincette de cheminée ; enſuite ils font chauffer les parties de la verge les plus prochaines, & qui ne ſont pas encore élargies, & ils les étendent à grands coups de tête de marteau, & les mettent à la largeur néceſſaire ; ainſi il y a deux parties de la verge qui s'étendent en même temps ; ils font ainſi chauffer & battre la verge juſqu'au bout ; alors ils la redreſſent, & ont une lame de reſſort : ils reprennent enſuite l'autre verge, ſur laquelle ils font la même opération, & l'étendent de même à double. Les Forgerons emploient cette méthode comme plus expéditive, & pour empêcher qu'en chauffant l'acier la lame ne ſe brûle, ce qui n'arrive pas, lorſqu'elles ſont appliquées l'une ſur l'autre, parce qu'elles ſe conſervent mutuellement, au lieu qu'une lame ſimple eſt plus expoſée à être trop chauffée.

grands coups de marteau, jusqu'à ce qu'on lui ait donné la largeur dont on a besoin (c'est-à-dire, environ treize lignes) & l'épaisseur d'un peu moins de demi-ligne : une livre ½ d'acier amené à ces dimensions, doit former une lame d'environ neuf pieds de longueur, qui est plus que suffisante pour le diametre du barillet dont il est question.

2°. *Forger le Ressort à froid.*

1259. Le ressort étant forgé à la grosse forge, on le fait recuire. Pour cet effet, on remplit de charbon un grand réchaud ; quand le charbon est allumé, on fait entrer un bout du ressort dans le milieu du feu, & on l'y laisse jusqu'à ce qu'il soit rouge : alors on pousse le ressort plus avant, & on laisse rougir la partie de la lame qui suit immédiatement le bout rougi ; & on le fait ainsi chauffer de proche en proche, jusqu'à ce que toute la lame ait été chauffée & rougie par la seule action du feu, & sans le souffler.

1260. Quand on a recuit le ressort, on commence par *visiter* avec soin les parties fortes & les parties foibles, ce qui se fait en pliant la lame : la partie qui céde la premiere est la plus foible ; & pour les égaliser, on se sert d'un fort marteau à *panne* un peu tranchant, afin que le coup pénètre la lame ; les coups doivent être donnés selon la largeur de la lame, c'est-à-dire, par rangées paralleles aux côtés, & ces coups doivent être appliqués l'un près de l'autre ; on élargit & on amincit ainsi les endroits trop forts pour égaliser la lame, & on passe légerement sur les endroits foibles : quand on a ainsi battu la lame, & qu'on l'a égalisée, on prend un marteau à tête un peu arrondie, avec lequel on applatit & on efface les coups de la panne.

1261. Le ressort ayant été ainsi battu à froid, on coupera ses côtés bien parallelss avec des cisailles, pour l'unir & le mettre d'égale largeur dans toute sa longueur ; & s'il y avoit quelques fentes, il faudroit les emporter à

la cisaille, afin d'éviter que ce ressort ne vînt à se casser en le pliant.

1262. Si le ressort se trouvoit encore trop épais, c'est-à-dire, s'il avoit plus d'une demi-ligne, on le fera recuire de la maniere que nous l'avons expliqué, & on le reforgera, jusqu'à ce qu'on l'ait égalisé & réduit à l'épaisseur qu'il doit avoir; il est très-préférable de l'amincir au marteau; car outre que cela est plutôt fait, ce sont les coups de marteau à froid, qui donnent du corps au ressort, & en resserrent les pores.

1263. Le ressort ainsi forgé, on le mettra de nouveau d'égale largeur avec les cisailles, ayant soin de ne pas le rendre trop étroit pour le barillet où l'on doit l'employer; ensuite l'on attache un long bois à l'étau, & on attache la lame sur ce bois avec des tenailles à vis : on prend une lime d'Allemagne toute neuve, & on lime le ressort, en menant les traits de la lime selon la longueur du ressort; on en fait autant dans toute la longueur de la lame, & sur chaque côté, & en rendant la lame la plus égale de force qu'il est possible, & de sorte qu'en la pliant en arc, de proche en proche, toutes les parties fléchissent dans tous les points, & fassent éprouver même résistance pour les courber, à la réserve d'environ un pied d'un bout de la lame, qui doit servir à former l'œil du ressort lequel doit être plus fort.

1264. En cet état, le ressort doit avoir au plus trois douziemes de ligne d'épaisseur, qui doivent se réduire à environ deux douziemes de ligne lorsqu'il sera totalement fini; je parle de l'endroit de la lame qui est le plus mince; ce qui forme la plus grande partie, puisqu'il ne doit y avoir que la longueur d'un pied de plus épais.

3°. *Préparation pour la Trempe du Ressort.*

1265. Comme il seroit très-difficile de faire chauffer à la fois & également une lame mince, qui auroit neuf

pieds de longueur, les Faiseurs de ressort ont imaginé de rouler ces ressorts de façon à ne former qu'un cercle d'environ un pied de diametre, en sorte que l'on chauffe & que l'on trempe facilement ce ressort ainsi roulé sur lui-même; mais la lame étant ainsi roulée se toucheroit en plusieurs endroits, en sorte que lorsqu'on la tireroit du feu pour la tremper, elle ne seroit pas saisie également, à cause que le passage de l'eau entre les lames ne seroit pas libre; c'est pour prévenir cet obstacle, qu'avant de rouler la lame en cercle, les Faiseurs de ressorts l'entourent dans toute sa longueur d'un fil de fer recuit, qui a environ une demi-ligne de grosseur, & qui forme autour de la lame une espece de vis, dont les pas sont distants entr'eux d'environ un pouce; ainsi les spires que la lame forme, lorsqu'elle est entourée, ne se touchent plus, à cause de l'épaisseur du fil de fer qui laisse par ce moyen le passage, & à la chaleur pour chauffer la lame, & au froid pour la saisir & la tremper également dans toute sa longueur : pour contenir la lame en cercle, il faut l'attacher avec un fil de fer, auquel on donne la longueur convenable, pour que le ressort ne forme un cercle que d'un pied de diametre ou environ.

1266. Pour faire chauffer les ressorts avant de les tremper, les Faiseurs de ressorts se servent d'un fourneau à reverbere, construit à-peu-près comme celui des Emailleurs (1181); & pour placer le ressort dans la chambre pratiquée au fourneau, ils ont une roue de fer, qui a un pied de diametre, & dont les croisées sont mises sur champ, pour laisser le passage à la chaleur; cette roue est terminée par un cercle de fer qui sert à contenir le ressort qu'on veut tremper; cette roue tourne sur un pivot qui est porté par une longue barre de fer.

1267. Lorsque le feu du fourneau est allumé, on fait chauffer la roue, & on la laisse devenir rouge; & quand le charbon a acquis sa plus grande vivacité, on place le ressort sur la roue, & celle-ci au foyer du fourneau; alors on a soin de faire tourner la roue, afin qu'elle fasse chauffer également

le reſſort; quand le reſſort eſt chauffé bien également, & qu'il eſt d'une couleur *blanche qui ſuit le rouge*, on retire promptement la roue, & on jette le reſſort dans un vaiſſeau qui contient aſſez d'huile pour pouvoir ſurnager le reſſort; on ſe ſert d'huile préférablement pour la trempe des reſſorts, parce que la trempe en eſt moins ſeche, & qu'ils ſont moins ſujets à caſſer en trempant, que ſi on les trempoit dans l'eau.

1268. Le reſſort trempé, on le retire de dedans l'huile, & avec des tenailles à couper: on coupe tout le fil de fer qui entouroit la lame, & on en ôte les bouts très-légerement, afin de ne pas caſſer le reſſort; on coupe de même le fil de fer qui le retenoit en cercle; ainſi le reſſort ſe développera un peu, mais ne reviendra pas droit; il reſtera courbé en ſpirale.

1269. Pour blanchir le reſſort en dedans, afin de pouvoir le faire revenir également dans toute ſa longueur, on ſe ſert de briques, & de grès ou ſable, dont on frotte légerement tout le côté intérieur de la lame, juſqu'à ce qu'elle ſoit bien blanchie dans toute ſa longueur.

1270. Pour faire revenir le reſſort, il faut avoir un réchaud rempli de charbon bien allumé, que l'on recouvre d'une plaque de fer d'environ deux lignes d'épaiſſeur; cette plaque doit être tant ſoit peu arrondie ou convexe en deſſus; lorſque la plaque eſt rouge, par la ſeule action du feu, & ſans ſouffler, on poſe le bout extérieur du reſſort par ſa partie convexe, ſur la plaque; ainſi la partie blanchie du reſſort eſt en deſſus; on appuie le bout de la lame ſur la plaque, avec un bout de fer qu'on tient d'une main, tandis que de l'autre l'on tient le rouleau que forme la lame; (on ne fera pas mal de ſe ſervir de gands pour éviter l'ardeur du feu); on laiſſe la même partie du reſſort ſur la plaque, juſqu'à ce qu'elle ait pris une couleur griſe, qui ſuit immédiatement le bleu; & à meſure que le bout revient à cette couleur, on avance la lame, qui, en même-temps qu'elle *revient*, ou qu'elle eſt pénétrée par la chaleur, elle ſe

redresse ; on fera ainsi la même opération, jusqu'à ce que la lame soit revenue également dans toute sa longueur, après quoi la lame sera redevenue droite comme elle étoit avant de la préparer pour la trempe.

1271. La lame ainsi revenue, il faut la planer avec un marteau à tête un peu arrondie & polie, sur un tas arrondi & poli ; on planera la lame dans toute sa longueur, & on la rendra bien plane & unie.

1272. Le ressort étant bien plané, on le visitera pour l'égaliser ; on le pliera pour cela en arc de distance en distance ; & les endroits qui seront plus forts, on les amincira à la lime, attachant pour cet effet le ressort avec des tenailles à vis sur le bois qui tient à l'étau.

1273. Quand on a bien plané & égalisé le ressort, il faut le mettre de la hauteur du vuide du barillet ; on le tiendra même une demi-ligne plus bas que le drageoir du couvercle ; c'est-à-dire, que si depuis le fond du barillet jusqu'au drageoir il y a douze lignes de vuide, on n'en donnera que onze & $\frac{1}{2}$ à la lame, afin que le ressort ait du jeu ; on le calibrera selon cette mesure, & bien également dans toute sa longueur ; à cela près que la partie qui doit former l'œil du ressort, & que l'on a laissée plus épaisse, doit être une demi-ligne plus basse que le reste du ressort, dans la longueur d'environ dix pouces : on rend plus étroit ce bout intérieur du ressort, pour empêcher que l'œil qui entoure l'arbre ne puisse aller toucher au couvercle, ou au fond du barillet.

1274. Le ressort mis de largeur, on le coupera de la longueur qu'il doit avoir, c'est-à-dire, d'environ sept pieds de long, qui est à-peu-près la longueur convenable pour le diametre du barillet, & pour le nombre de tours de bande du ressort : au reste, on verra ci-après comment les Faiseurs de ressorts en déterminent la longueur.

1275. On arrondira à la lime les bords de la lame, & on achevera de les rendre bien droits & unis dans toute leur longueur, afin que ces bords puissent glisser plus facilement

lement contre le fond & le couvercle du barrillet, lorſque le reſſort ſe développe.

1276. Pour adoucir le reſſort, on paſſera ſur ſa longueur, à chaque côté de la lame, une lime d'Angleterre bâtarde, un peu douce, avec de l'huile, dont on conduira les traits ſelon la longueur de la lame ; ce qui ôtera les traits de la lime d'Allemagne : on ſe ſervira de cette lime pour achever d'égaliſer la lame que l'on courbera en arc de proche en proche.

1277. On pourra polir le reſſort en le tenant attaché ſur le bois qui tient à l'étau, & en frottant avec du bois de noyer & de l'émeri, comme on a fait avec la lime d'Angleterre, & ainſi dans toute ſa longueur; mais pour le mieux, on fera aller & revenir la lame, en la faiſant paſſer entre deux morceaux de bois de noyer bien ſerrés & avec de l'émeri : cette méthode eſt préférable, en ce qu'elle eſt plus prompte & qu'elle ne tend qu'à égaliſer la lame; on peut ſe ſervir pour cela d'une eſpece de *banc à tirer* fort long, comme ceux dont ſe ſervent les Bijoutiers, pour tirer l'or à la filiere.

1278. Lorſqu'on aura poli le reſſort, on le bleuira, en ſe ſervant pour cela du réchaud & de la plaque, dont nous avons parlé, & de la même maniere; on rendra la lame d'un bleu également vif dans toute ſa longueur.

1279. On fera les ouvertures pour les crochets, comme on le voit en *o* & en *r*, (*Planche VII*, *fig.* 5); pour cet effet, on fera d'abord revenir environ un pied de longueur le bout qui doit former l'œil ; on le fera revenir plus qu'il ne l'avoit été après la trempe : c'eſt pour empêcher que le reſſort ne caſſe, lorſqu'on le pliera pour former l'œil : & pour l'endroit où doit être faite l'ouverture pour le crochet, il faudra le recuire, c'eſt-à-dire, faire devenir rouge un pouce de long du bout : on percera un trou quarré, que l'on alongera un peu; on limera en biſeau le bout de l'ouverture d'un côté ſeulement, afin d'être retenu par le crochet de l'arbre.

1280. Pour faire l'ouverture du crochet de l'autre bout de la lame, on ne fera revenir qu'un petit bout, afin de ne détremper que l'endroit du trou : Le reſſort amené en cet état, il ne reſte plus, pour le faire entrer dans le barrillet, qu'à le plier en ſpirale.

4°. *Plier le Reſſort en ſpirale.*

1281. Pour plier les reſſorts, on ſe ſert d'un arbre qui ſe meut ſur un chaſſis de fer, qui s'attache à l'étau; un bout de cet arbre porte un rochet d'encliquetage, & le cliquet eſt attaché au chaſſis; outre le rochet, l'arbre porte une manivelle, l'autre bout de l'arbre eſt percé d'un trou quarré, dans lequel s'ajuſtent des arbres à crochet, pareil à ceux d'un arbre de barrillet : ces arbres ſont de différentes groſſeurs; le plus gros peut avoir deux pouces de diamètre, & le plus petit ſix lignes. Quand les Faiſeurs de reſſorts veulent plier un reſſort, ils accrochent le bout de la lame qui doit former l'œil au crochet du plus gros arbre; & avec la manivelle, ils tournent d'une main; tandis qu'avec l'autre ils appuient fortement la lame contre l'arbre, enſorte que la lame ſe plie & entoure l'arbre, & va ainſi en ligne ſpirale; ils continuent, juſqu'à ce que toute la lame entoure l'arbre. Pour empêcher que le reſſort ne caſſe en paſſant trop vîte de droit qu'il étoit à une courbe un peu trop reſſerrée, les Faiſeurs de reſſorts placent entre les premieres ſpires des cartes pliées qui empêchent les ſpires de ſe toucher : ils ne font cette opération que pour les premiers tours, parce qu'après que l'arbre eſt entouré de pluſieurs tours, il groſſit, & le reſſort ſe courbe moins.

1282. Cette opération faite, on prendra un arbre un peu plus petit, afin de reſſerrer davantage les ſpires, & de diminuer la grandeur de l'œil, ou le premier tour du dedans : ils entourent ainſi juſqu'au bout le reſſort ſur ce ſecond arbre.

1283. Quand cela eſt fait, on prend un troiſieme arbre

plus petit ; & à peu-près de la grosseur de l'arbre du barrillet dans lequel ce ressort doit être placé ; on resserre de nouveau les spires, en tournant avec la manivelle, jusqu'à ce que toutes les parties de la lame se touchent, & entourent l'arbre.

1284. Pendant ces opérations, il faut avoir soin que la lame s'applique bien au-dessus de la partie de lame qui entoure l'arbre, & que les spires s'élèvent ainsi les unes au-dessus des autres sans déborder, afin que les bords de la lame, lorsqu'elle sera pliée, soient parfaitement dans le même plan ; ce qui est très-essentiel, sans quoi, lorsque le ressort sera dans le barrillet, il frotteroit par ses bords sur les parois du fond du couvercle.

1285. Le ressort ainsi plié, il sera fait ; & il ne restera qu'à l'éprouver, & à le placer pour cela dans son barrillet ; mais auparavant il faut faire le crochet de l'arbre de barrillet, & placer le crochet à la virole.

5°. *Faire les crochets de l'Arbre & du Barrillet pour le Ressort.*

1286. On fera le crochet de l'arbre du barrillet, dont le côté qui doit entraîner le ressort est indiqué par le rochet d'encliquetage ; on creusera le devant ou le côté, selon lequel l'arbre tourne, lorsqu'on le remonte ; & ce crochet ne sera saillant au dehors de l'arbre, que d'un peu plus que l'épaisseur du ressort à l'endroit de l'œil : le derriere du crochet est limé en rond.

1287. Pour le crochet de la virole, on percera dans le milieu de sa largeur prise en dedans, un trou qui ait une ligne de grosseur ; on taraudera ce trou, & on le mettra un peu en chanfrein par le dehors : on fera sur le même taraud un bout de vis d'acier, portant une petite tête quarrée ; on fera entrer cette vis par le dedans de la virole, jusqu'à ce que la tête (qui ne doit avoir au plus qu'une demi-ligne d'épaisseur, & doit être plus étroite que l'ouver-

ture faite au bout du reſſort pour le crochet) porte contre la virole ; on coupera l'excédent de la vis en dehors de la virole : on poſera la tête contre une bigorne, & on rivera cette vis ſur la virole : on prendra une lime à fendre, & on fera à la tête, tout contre la virole, une entaille dans laquelle devra s'accrocher le bout extérieur du reſſort : on aura ſoin de faire cette entaille du côté convenable, pour que le reſſort, étant bandé par l'arbre, s'y accroche : or ce côté eſt indiqué par le crochet de l'arbre.

1288. Les crochets de barrillet & de l'arbre étant faits, on mettra le reſſort dans le barrillet ; pour cet effet, on mettra ſur l'arbre de la manivelle *à plier les reſſorts* le plus petit arbre à crochet dont on s'eſt ſervi, & on entourera le reſſort deſſus cet arbre, enſorte qu'il occupera un petit volume, & qu'il pourra entrer daus le barrillet ; en ce moment, on fera entrer le barrillet contre l'arbre qui porte le reſſort ; & quand celui-ci ſera dans la virole, on le lâchera, ce qui fera qu'il ſe développera, & que le dedans de la virole le contiendra ; & qu'enfin le vuide ou intervalle entre les ſpires ſe trouvera dans le milieu du barrillet ; & c'eſt de ce vuide, & du nombre des tours de ſpires de la lame, que dépend le nombre des tours de bande que le reſſort peut faire.

1289. Le reſſort ainſi placé dans le barrillet, on le fera deſcendre contre le fond, enſorte que le bord de la lame deſcende au-deſſous du drageoir du couvercle.

1290. On préſentera le barrillet contre l'arbre à manivelle, afin de voir ſi le bout extérieur du reſſort eſt accroché ; pour cet effet, on tiendra d'une main le barrillet immobile, tandis qu'avec l'autre on tournera la manivelle, & on fera accrocher le reſſort au crochet de la virole : ſi le reſſort ne s'accrochoit pas, ce ſeroit une preuve ou qu'il ſeroit mal fait, ou que l'ouverture du bout du reſſort n'eſt pas aſſez large ; on corrigera donc l'un ou l'autre défaut.

1291. On mettra l'arbre de barrillet à ſa place, & avant de mettre le couvercle, on verra ſi le crochet entre

dans l'ouverture de l'œil du reſſort, & s'il s'y accroche ; & ſi ce crochet eſt de côté, ou trop large, on y touchera en conſéquence ; cela fait, on mettra le couvercle.

Éprouver le Reſſort.

1292. On attachera le quarré de l'arbre dans l'étau, & on fera tourner le barrillet juſqu'à ce que le reſſort ſoit entiérement tendu, & qu'on ne puiſſe plus le faire tourner ; on fera une marque ſur le barrillet, & on s'en ſervira pour compter les tours que le reſſort fera faire au barrillet, en le laiſſant ſe développer (c'eſt ce qu'on appelle *voir combien le reſſort fait de tours*) ; ſi le reſſort ne fait pas le nombre de tours que l'on demande, ſavoir ſept tours & $\frac{1}{2}$ (712), c'eſt une preuve que la lame eſt trop épaiſſe ou trop longue ; pour connoître ſi le reſſort eſt trop fort, on attachera une corde à la circonférence du barrillet, & on en entourera la virole de pluſieurs tours ; on chargera cette corde de pluſieurs poids : ſi le reſſort étant au haut ſoutient plus de ſix à ſept livres, c'eſt une marque qu'il eſt trop fort ; & dans ce cas, il faudra l'ôter du barrillet, & amincir la lame dans toute ſa longueur, en l'attachant pour céla ſur le bois tenu par l'étau, de la même maniere qu'on l'a fait en le limant en premier : mais ſi au contraire le reſſort bandé ſoutenoit moins de ſix livres, pour augmenter le nombre de ſes tours, il faudroit en couper par le bout extérieur ; on en coupe plus ou moins, ſelon que le reſſort fera moins de tours qu'il n'eſt beſoin : pour donner un tour de plus, les Faiſeurs de reſſorts coupent un bout d'environ dix à douze pouces ; on refera l'ouverture, & on l'eſſaiera dans le barrillet, par la même méthode.

1293. Mais il eſt bon de ſavoir que ſi un reſſort eſt trop accourci, qu'au lieu d'augmenter le nombre de tours, en le recoupant encore, on le diminue : c'eſt à l'uſage à fixer ces limites ; on en juge par le vuide que laiſſe le reſſort dans le milieu du barrillet, & par le nombre de tours des ſpires dans le barrillet.

1294. On augmente le nombre des tours du reſſort, en diminuant l'arbre de barrillet; mais lorſque l'arbre a la proportion que nous avons indiquée (817), on doit plutôt amincir la lame, parce qu'un trop petit arbre rend le reſſort ſujet à caſſer.

1295. Le reſſort ainſi terminé, on attachera l'arbre à l'étau, & on entourera la virole d'une corde, afin de connoître par des poids la force du reſſort, & de régler en conſéquence l'étendue des arcs du régulateur, & la peſanteur de la lentille.

1296. Quand le reſſort ſera terminé, on mettra l'arbre en cage, afin de couper le quarré au raz du cadran; pour cet effet, on poſera la fauſſe-plaque & le cadran ſur la platine des piliers; & avec l'angle d'une lime à arrondir, on marquera un trait à fleur du cadran; on marquera de même à fleur du dehors de la ſeconde platine, un trait ſur le pivot de l'arbre; on coupera ce pivot ſur le tour avec le burin, & en arrondiſſant le bout que l'on adoucira & que l'on polira après que l'excédent du pivot ſera emporté; on coupera le quarré par l'endroit marqué avec une lime à fendre; on arrondira un peu ce bout, pour faciliter l'entrée de la clef, & on l'adoucira; on fera enfin une clef qui entre juſte ſur ce quarré.

X. *De l'Échappement de l'Horloge; De la maniere de l'exécuter, pour le rendre* iſochrone. *Du Régulateur.*

1297. Nous avons traité ci-devant de toutes les opérations de la main-d'œuvre, qui concernent le mouvement de l'Horloge, la cadrature, &c; il nous reſte maintenant à parler de l'échappement; & c'eſt pour mieux remplir notre objet, en rendant cet article utile, que nous preſcrirons les moyens que l'on doit employer pour exécuter un échappement, & le rendre capable de corriger les inégalités de la force motrice.

1298. Nous ne nous arrêterons pas ici aux principes de conſtruction d'un tel échappement; cette matiere étant traitée dans la ſeconde Partie, Chap. XVI & XVII, il ne ſera queſtion ici que de la main-d'œuvre.

1°. *Faire la Tige d'Echappement qui porte l'ancre ; le Coq d'Echappement & l'avance & retard.*

1299. L'ancre *A* d'échappement (*Pl. V, fig.* 1) entre quarrément ſur le bout d'une tige qui porte deux pivots ; le pivot fait ſur le bout où eſt placé l'ancre, roule dans le trou de la platine des piliers, & l'autre dans un pont *AH*, (*fig.* 1) attaché en dehors de la ſeconde platine : c'eſt ce pont qu'on appelle le *Coq d'échappement.* Le coq d'échappement vu en perſpective (*fig.* 19) eſt formé d'une ſeule piece fondue : la patte *I* ſert à l'attacher à la platine, avec une vis : la partie recoudée *G* s'élève au-deſſus de la platine, à la hauteur du deſſus du tout-ou-rien ; c'eſt le deſſous de cette partie coudée *G* qui reçoit le ſecond pivot de la tige d'échappement : la branche *H* s'éleve perpendiculairement au-deſſus du coude *G* : c'eſt cette branche, qui a environ ſix lignes de longueur, qui porte le pendule. Pour cet effet, cette branche *H* eſt percée de deux petits trous, à travers leſquels paſſent un fil de ſoie *K* dont les bouts repaſſent en deſſus ; un bout du fil eſt noué pour être retenu par le deſſus de la branche, & l'autre bout du fil entre dans un trou fait au pivot prolongé *e* (le fil eſt noué pour s'arrêter au trou de ce pivot) ce pivot qui roule dans le trou fait à la branche *A*, eſt formé au bout d'une tige qui porte à ſon autre extrémité un ſecond pivot qui roule dans un trou fait au bord de la fauſſe-plaque, dans la ligne de midi ; ce ſecond pivot prolongé eſt limé quarrément, pour y faire entrer une clef : or comme le fil fait deux tours ſur le pivot *e*, on voit que ſi l'on fait tourner cette tige d'un ou d'autre côté, on accourcit ou on alonge la partie *K* du fil ; & comme le pendule s'accroche à ce fil *K*, & que le point de ſuſpenſion ſe

fait immédiatement ſur le deſſous ou bord de la branche *H*, il ſuit de-là, qu'en tournant cette tige par ſon quarré, on alonge ou l'on accourcit le pendule; & que par conſéquent on fait avancer ou retarder l'Horloge : c'eſt pour cette raiſon qu'on appelle cette tige *Avance* & *Retard* : on fend la branche *A*, afin qu'elle faſſe reſſort, & preſſe le pivot *e* de l'avance & retard.

1300. Le bout de la tige de l'ancre du côté du pivot qui roule dans le trou du coq, porte une aſſiette qui s'y ajuſte à frottement; c'eſt ſur cette aſſiette qu'eſt rivée la fourchette *F* (*fig.* 2) : l'effet de cette fourchette eſt de communiquer au pendule la force du moteur, & d'entretenir, par ce moyen, le mouvement du régulateur, en lui reſtituant la force qu'il perd à chaque vibration.

1301. Le bout *F* de la fourchette eſt recoudé d'équerre; le bout recoudé a environ ſix lignes de longueur, & deux de largeur; il eſt défendu dans ſa longueur pour y laiſſer paſſer la verge du pendule. Dans les courts pendules les verges (c'eſt-à-dire, la partie qui porte la lentille) ſont faites avec du fil de fer, ſur lequel on chauſſe, à l'endroit *F* de la fourchette, une petite plaque large de deux lignes, laquelle entre juſte par ſes côtés dans l'ouverture de la fourchette; cette plaque ſert à empêcher que la lentille ne tourne ſur elle-même, & que par conſéquent elle ne ſorte du plan de mouvement du pendule, & ne préſente tantôt l'angle, & tantôt ſa face; effet qui changeroit totalement la durée des oſcillations : cette plaque portée par la verge du pendule, doit être moins large que la fente de la fourchette, afin de laiſſer la liberté au pendule de prendre ſon à-plomb.

1302. Pour revenir à l'exécution de l'échappement, on fera d'abord le coq d'échappement *A* (*fig.* 2), ſelon les dimenſions indiquées ci-deſſus, & ſelon la figure perſpective *A GHI* (*fig.* 19); on en fera un modele en bois, ſur lequel on fera jetter en fonte, avec de bon laiton; on écrouira toutes les parties du coq, & ſur-tout la partie *A*, qui doit faire reſſort pour le pivot de l'avance & retard, & la

la partie *G* dans laquelle doit rouler le pivot de la *tige d'ancre ;* on limera & on dreſſera ce coq.

1303. On fera la tige d'ancre ; on prendra pour cela de l'acier quarré que l'on rendra rond, & auquel on donnera trois quarts de ligne de groſſeur, & pour longueur, celle qui eſt néceſſaire pour former les pivots qui roulent, l'un dans le trou de la platine des piliers, & l'autre dans celui du coq : pour déterminer cette longueur, on préſentera le coq contre le bord de la cage, & on marquera ſur la tige la longueur qu'elle doit avoir.

1304. On tournera cette tige, qui doit être un peu plus petite ſur le bout qui doit porter la fourchette ; enſuite l'on formera au bout le plus gros un quarré, que l'on reculera à deux lignes ou environ au-deſſus de la roue d'échappement ; on trempera la tige, & on la fera revenir bleue ; on la dreſſera, & on formera ſes pointes ſelon les regles preſcrites (891) ; on l'adoucira & on la polira ; on adoucira & on polira le quarré ; pour cet effet, on prendra, pour le dreſſer, une petite lime d'acier non trempé & ſans taille, ou bien un bout de verge de fer ; c'eſt ce qu'on appelle *lime de fer*, avec laquelle l'on emploiera de la pierre à huile broyée ; & pour polir ce quarré, on ſe ſervira d'une verge d'étaim limée plate ; on appelle cela une *lime d'étain ;* & en employant du rouge fin d'Angleterre.

1305. La tige d'ancre ainſi faite, on formera ſes pivots ; on commencera par celui du côté du quarré, lequel on fera un peu plus petit que ceux que la roue d'échappement ; on le fera ſelon la méthode indiquée (903 & 904) : ce pivot étant fait, on poſera la tige à travers le bord de la cage, en faiſant porter la portée du pivot contre le dedans de la platine des piliers ; on poſera le coq ſur le dehors de la ſeconde platine, & tout contre la tige d'ancre, en cet état, on marquera par le deſſous *G* du coq l'endroit de la tige où l'on doit lever la portée du ſecond pivot ; on formera ce

pivot, qu'on tiendra de la même groſſeur des pivots de la roue d'échappement.

1306. Pour poſer la tige d'ancre, on obſervera qu'elle doit être placée le plus près qu'il ſe pourra de la roue d'échappement, & en laiſſant ſeulement autour du quarré de la force pour l'ancre : cette tige d'ancre doit être placée ſur la ligne de midi : on tirera donc, pour marquer ſa poſition, un trait en dedans de la plàtine des piliers, qui paſſe du centre de la platine (*fig.* 1), & qui aille joindre le trait que l'on a fait en *A*, à travers le bord, lorſqu'on a trouvé la ligne de midi pour faire l'emboîtage (1155); on marquera par le centre du trou de la roue d'échappement un trait de compas de la grandeur de cette roue; on percera un trou pour le pivot de la tige d'ancre qui ſoit diſtant d'une ligne du trait ou cercle qui repréſente la roue.

1307. On appliquera la ſeconde platine ſur le dehors de celle des piliers, au moyen de ſes tenons (pour cet effet, il faut ôter toutes les pièces qui ſont attachées à ces platines): on percera les trous l'un ſur l'autre; ainſi l'on aura l'endroit de la ſeconde platine où doit paſſer la tige d'ancre pour être droite en cage : on aggrandira le trou de la ſeconde platine, afin d'y faire paſſer le bout de la tige d'ancre; on la mettra en cage; ainſi il y aura un bout de la tige qui ſaillera en dehors de la ſeconde platine pour aller porter ſur le coq d'échappement.

1308. Pour poſer le coq d'échappement de manière qu'il ne change pas la poſition droite de la tige d'ancre, on percera à ce coq le trou pour le pivot qui doit y rouler; & on obſervera, pour cela, que pour le mieux il faut que ce trou coïncide avec le point de ſuſpenſion du pendule, c'eſt-à-dire, qu'il ſoit dans la même ligne que le deſſous de la branche *H*; on le percera donc en conſéquence, & en ſe réglant ſur la groſſeur du pivot qui doit y rouler; on aggrandira ce trou, & on y fera entrer le pivot; alors on appliquera le coq ſur la platine, en faiſant entrer le trou ſur ſon pivot : on attachera

la patte du pont avec la ſeconde platine, au moyen d'une tenaille à vis, ayant attention de ne pas contraindre ce coq, lequel ne ſe trouve arrêté que par le pivot qui caſſeroit, ſi on le preſſoit d'un ou d'autre côté : il faut donc que la tige tourne librement ſans qu'elle gêne au trou de la ſeconde platine, mais en y paſſant juſte, tandis que ces pivots roulent dans leurs trous ; en cet état, on percera à travers la patte du coq & de la platine, le trou pour la vis du coq ; on fera cette vis ; on taraudera le trou de la platine, on aggrandira le trou de la patte, pour que la vis y entre librement ; on attachera le coq ſur la platine, & le trou de pivot fait en *H*, portant ſur le pivot de la tige d'ancre qui doit tourner librement ſans gêner au trou de la ſeconde platine : alors on percera à travers la patte du coq & la platine deux trous qui ſerviront à mettre des pieds au coq pour l'arrêter en cette poſition.

1309. Les pieds du coq ainſi mis & le coq arrêté, on le démontera ainſi que la tige, & on fendra la ſeconde platine depuis le bord juſqu'au deſſous du trou fait pour la tige d'ancre, afin que la cage étant montée, on puiſſe mettre & ôter cette tige ſans lever les platines, mais ſeulement en levant le coq ; enſuite on fera la fourchette.

Remarque ſur la longueur à donner à la Fourchette.

1310. Si on faiſoit agir la fourchette fort près du point de ſuſpenſion du pendule, il arriveroit qu'au lieu de tendre à mouvoir le pendule, elle ne feroit que faire fléchir le fil de ſuſpenſion, enſorte que l'Horloge ceſſeroit bientôt de marcher, & que la force du moteur ſe conſumeroit à mouvoir de côté & d'autre le crochet de ſuſpenſion : pour éviter ce défaut très-eſſentiel, on donnera au moins pour longueur de la fourchette un tiers de la longueur du pendule ; ainſi pour cette Horloge, dont le pendule doit être de neuf pouces paſſés, on donnera au moins trois pouces de lon-

gueur à la fourchette, depuis *F* jusques en *H* (*fig.* 2).

1311. Pour faire la fourchette, on prendra du laiton qui ait trois quarts de ligne d'épaisseur, deux lignes $\frac{1}{2}$ de largeur, & de longueur trois pouces $\frac{3}{4}$; on coudera d'équerre le bout *F*, auquel on donnera six lignes de long; & on écrouira ce bout & le reste de la fourchette; on percera à l'autre bout un trou pour y river l'assiette; ce trou aura une ligne $\frac{1}{2}$ de grosseur; on limera rond l'intervalle entre *H* & *F*, & on réservera autour du trou la force convenable : on percera un bout de fil de laiton qui ait trois lignes $\frac{1}{2}$ de longueur pour le canon de cette fourchette, & de sorte que ce trou du canon entre à frottement sur le bout de la tige d'ancre; on tournera ce canon sur un arbre lisse; on y levera sur le bout, la portée ou assiette pour y river la fourchette; on rivera cette fourchette; on fera en *F* la fente pour y passer la verge du pendule; cette fente doit aller tout contre le coude; mais elle ne doit pas couper le bout, il faut au contraire y réserver une petite épaisseur ou traverse qui retienne la fourchette pour l'empêcher de fléchir; cette fente aura environ une demi-ligne de largeur; on achevera de l'élargir, quand on aura monté le pendule.

1312. Cela fait, il faudra faire l'avance & retard; pour cela, on assemblera la cage, la fausse-plaque & le coq d'échappement; on prendra du fil d'acier tiré rond, si l'on en a, ou sinon on prendra de l'acier quarré que l'on rendra rond : on donnera pour grosseur à cette tige une ligne $\frac{1}{2}$; & pour sa longueur, on se réglera sur la hauteur qu'il y a depuis la fausse-plaque jusqu'à la partie *A* du coq, & en y joignant en sus la longueur du pivot sur lequel la soie doit s'entourer, & la longueur du quarré qui doit saillir le dehors de la fausse-plaque; on tournera cette tige dans toute sa longueur, & on formera les deux pivots, qui pourront avoir au plus une ligne de diametre : le pivot sur lequel la soie de suspension s'entoure aura environ six lignes de longueur, & l'autre en aura trois; on fera donc les portées de ces

pivots en conséquence, & en se réglant sur la hauteur ou intervalle qu'il y a depuis le dedans de la fausse-plaque jusques au dedans de la branche *A* du coq d'échappement.

1313. L'avance & retard étant tournés, on percera tout au bord de la fausse-place, & sur la ligne de midi, un trou qui soit de la grosseur du court pivot, sur lequel on doit former le quarré, & on percera de même à la branche *A* du coq un trou pour y faire entrer l'autre pivot de l'avance & retard; on percera le trou à la distance convenable de *H*, pour que la tige soit parallele aux bords de la cage; on mettra ainsi l'avance & retard en cage : on fera, à fleur du dehors de la fausse-plaque, un quarré qui doit servir à faire tourner cette tige avec une clef de montre : on percera à travers le pivot prolongé *e*, un petit trou pour y passer le fil de soie; ce trou doit être placé dans le milieu de la longueur du pivot; on fera ce trou d'environ deux douziemes de ligne de grosseur, qui doit être celle du fil : on percera le bras *H* du coq de deux trous, à travers lesquels la soie de suspension doit passer.

1314. Pour percer ces trous de la soie de suspension, on observera qu'ils doivent être placés dans une ligne qui soit parfaitement parallele à l'axe ou tige d'ancre; car si ils y étoient inclinés, le plan de mouvement du pendule se feroit obliquement à celui de la fourchette, ensorte que celle-ci feroit décrire au pendule des espèces d'ellipses, c'est-à-dire, que la lentille se mouvroit en même-temps de droit à gauche, & en s'approchant & s'écartant alternativement du plan de la platine; ce qui dérangeroit l'isochronisme des vibrations : ainsi pour marquer les trous de suspension, on tracera une ligne en dessous de la broche *H* dans sa longueur, qui soit perpendiculaire au plan de la platine; ce que l'on fera avec une équerre.

1315. Pour déterminer l'élévation du pendule au-dessus de la seconde platine, on mettra le tout-ou-rien en place, ainsi que le timbre, que l'on attachera sur la platine avec

ſon porte-timbre ; on prendra avec un compas, la diſtance qu'il y a depuis la platine juſqu'au milieu de l'intervalle entre le deſſous du timbre & le reſſort *d y* du tout-ou-rien ; on portera cette hauteur en deſſous de la branche *H* du coq, & on fera une marque à travers la ligne qu'on y a tracée : cette marque déſignera l'endroit où le pendule doit être ſuſpendu pour paſſer également entre le tout-ou-rien & le deſſous du timbre ; on percera donc les trous de la ſoie de ſuſpenſion à égale diſtance de cette marque, c'eſt-à-dire, une ligne ou environ ; ainſi ces deux trous ſeront diſtants l'un de l'autre de deux lignes, & ils ſeront placés exactement ſur la ligne que l'on a tracée avec l'équerre ſous la branche *H* : on fera un foret qui ait au plus deux douziemes de ligne de groſſeur ; & on percera les trous pour la ſoie de ſuſpenſion : on fendra, avec une ſcie mince, la branche *A* depuis le bout juſques tout contre le deſſus de *H*, afin que cette branche fléchiſſe & retienne l'avance & retard à frottement, & que la peſanteur du pendule ne puiſſe faire tourner cette tige. Pour produire ce frottement, dès que la branche ſera fendue, on ſerrera le bas *H* à coups de marteau, enſorte que la fente ſe rapprochera, & que le pivot n'entrera plus dans ſon trou qu'à force.

Fendre la Roue d'échappement, en achever les Dents, & finir les Croiſées.

1316. L'échappement iſochrone, dont nous nous propoſons de donner ici la manière propre à l'exécuter, eſt repréſenté (*Planche XXIII, fig.* 3) : cet échappement n'eſt point à repos comme celui que nous avons décrit (396), ni à auſſi grand recul que celui à ancre, repréſenté (*Planche V, fig.* 1) ; mais ſon recul eſt moyen entre le repos du premier, & le recul du ſecond.

1317. Dans un tel échappement les dents de la roue doivent agir par leurs côtés droits, ainſi que cela eſt néceſſaire pour l'échappement à repos : les devants de ces dents doivent

être dirigés au centre de la roue : ces dents doivent être assez profondes & dégagées, comme on le voit dans la figure, afin de permettre aux pattes de l'ancre d'y pénétrer, & donner la liberté au pendule de décrire des grands arcs, lorsque le ressort moteur est monté en haut.

1318. Avant de fendre la roue, il faudra la tourner parfaitement ronde sur le bord, faisant pour cet effet rouler ses pivots dans des trous de broches à lunettes, (980).

1319. On choisira une fraise à roue de rencontre qui soit mince, & propre à donner la figure des dents, telle qu'elles sont représentées dans la figure troisieme; on la mettra sur son arbre, & on placera l'arbre sur l'*H*, & de sorte que le côté droit de la fraise passe par le centre du tasseau : on rendra l'arbre bien juste par ses pointes, & on arrêtera les contre-écrous ; ensuite l'on placera la roue sur le tasseau, & on observera de la tourner du côté convenable, pour que le devant de la fraise forme le devant des dents selon le côté que doit tourner la roue lorsqu'elle est dans sa cage : or ce côté est indiqué par la roue de longue tige *D* (*Pl. V*, *fig.* 1) qui doit tourner selon l'ordre des chiffres du cadran ; mais comme dans la figure première ces roues sont vues par le dedans de la platine des piliers, la roue de longue tige, vue par ce côté, doit tourner de *D* en *d H*, & la roue d'échappement de *F* en *E* : on marquera donc le côté du devant des dents du côté contraire où elles sont représentées dans la figure, parce que dans cet échappement (*fig.* 1) les dents agissent par le derriere (427), au lieu que, comme nous venons de le dire, pour l'échappement isochrone, il faut le faire agir par le devant ; on placera donc en conséquence la roue sur le tasseau de la machine à fendre, & on la *centrera* selon la méthode prescrite (435 & 446) ; on fera d'abord une dent en enfonçant la fraise jusques à ce que la pointe de la dent soit aiguë, ou si, la fraise étant trop mince, on étoit obligé de trop enfoncer la fraise pour rendre les dents aiguës, on ne la feroit enfoncer que de la

quantité repréſentée dans la figure trois, & on fendroit ainſi toutes les dents ; & pour achever de les rendre en pointes, on retireroit le porte-fraiſe un peu ſur le côté du derriere des dents, & on emporteroit la matiere requiſe pour les mettre en pointe, en leur conſervant la figure repréſentée.

1320. La roue ainſi fendue, on l'ôtera de deſſus le taſſeau ; on prendra une lime carrelette douce, & on limera les côtés de la roue, pour emporter les bavures faites par la fraiſe ; on placera un cuivrot ſur le pignon, & on mettra la roue ſur le tour ; on fera un trait pour régler la largeur du champ de la roue ; & on fera de même pour le centre : ainſi l'on ſe réglera bien exactement ſur ces traits, pour achever les croiſées de la roue, afin qu'elle reſte parfaitement d'équilibre ; & ſi cela n'étoit pas, il faudroit limer un peu plus du côté le plus peſant : les croiſées achevées & polies, on mettra la roue ſur le tour, en faiſant tourner les pivots dans les trous des broches à lunettes ; en cet état on friſera légérement & avec beaucoup de précautions, les pointes des dents, afin de rendre la roue parfaitement ronde.

1321. On mettra un morceau de liege à l'étau ; on fera poſer les dents de la roue ſur le devant du liege, en préſentant le devant des dents en deſſus : on prendra une petite lime à arrondir fort douce, & on limera légérement le devant des dents, pour emporter les traits de la fraiſe ; mais on aura grand ſoin que la lime poſe bien à plat, & ôte de l'étoffe également, en ménageant ſur-tout les pointes, pour ne pas changer la juſteſſe de la roue ; enſuite l'on menera les traits de la lime ſelon la longueur des dents ; ce que les Ouvriers appellent *étirer en long*.

1322. On mettra le *bois à arrondir* dans l'étau, en place du morceau de liege ; on prendra une lime douce à *roue de rencontre* (ſorte de lime à feuille de ſauvage, plus petite, & taillée ſeulement d'un côté) ; on adoucira le derriere des dents, en allant juſqu'à la pointe dont on ôtera le petit angle

angle qui la termine par le derriere de la dent, mais en ménageant extrêmement la pointe dont on n'en doit pas ôter, pour ne pas rendre la roue mal ronde : on en fera autant à toutes les dents, & on les étirera en long ; on prendra une pierre douce à eau : on aura un verre d'eau ; on posera la roue sur le morceau de liege attaché à l'étau, & dressé par-dessus ; on adoucira les côtés de la roue avec la pierre à eau, en sorte qu'elle emportera toutes les bavures faites en finissant les dents & les croisées : on nettoiera la roue, & elle sera finie, en sorte que l'on pourra tracer l'ancre d'échappement.

1323. Cet échappement, pour rendre les oscillations isochrones, est représenté (*seconde Partie, Pl. XXIII, fig. 3*) : nous l'avons fait voir très-en grand, afin que l'on puisse aisément distinguer les traits de construction, & le concevoir plus facilement : alors il ne sera pas difficile de le tracer en petit d'après les regles prescrites.

Tracer l'Ancre, pour former l'Échappement.

1324. Pour tracer l'ancre d'échappement, on prendra une plaque de laiton mince, bien dressée & adoucie, qui ait environ trois ou quatre pouces en quarré ; je l'appellerai le *Calibre d'échappement :* on marquera sur un des bords de la plaque la grandeur juste de la roue ; par ce centre l'on percera un trou dans lequel entre juste le tigeron du pignon du dessous de la roue, & de sorte que la roue s'applique tout contre la plaque ; pour cet effet, on ôtera les rebarbes du trou avec un foret ; on verra si le trait que l'on a fait pour la roue est exactement de la grandeur de cette roue, & est parfaitement concentrique : si cela n'est pas, on l'effacera, & on en fera un nouveau bien fin, & qui passe juste par la pointe des dents.

1325. On prendra avec un compas sur le dedans de la platine des piliers (*Planche V, fig. 1*), la distance qu'il y a du centre de la roue d'échappement jusqu'au trou du pivot

de la tige d'ancre : on portera cette diſtance ſur la plaque de laiton, & on tracera du centre *B* de la roue la portion de cercle *b c* : on percera en *a* un petit trou de la groſſeur du pivot de la tige d'ancre ; ce trou repréſentera le centre de l'ancre ; de ce centre on tirera la ligne *a b* qui ne faſſe que toucher la circonférence *b c* de la roue : ſi par ce point *b* d'attouchement on tire le rayon *B b*, il ſera perpendiculaire à *b a* (ainſi qu'on le démontre en Géométrie) ; & ſelon les principes de Méchanique l'action des dents de la roue doit ſe faire au point *b* ſur l'ancre : ainſi *a b* eſt la longueur qu'il faut donner au bras de l'ancre, pour que la roue agiſſe ſur lui de la maniere la plus favorable au mouvement.

1326. On poſera la roue ſur la plaque de laiton ; on poſera une pointe du compas ſur le trou de l'ancre, & avec l'ouverture de compas *a b*, on fera convenir l'autre pointe avec celle d'une dent *b* de la roue priſe en devant : pour cet effet, on tournera la roue ſelon qu'il ſera beſoin ; on tiendra la roue fixe ; on portera la pointe de compas de l'autre côté, pour voir ſi elle ſe préſente contre le derriere [a] de la pointe d'une dent *c* : ſi cela n'eſt pas, on changera l'ouverture du compas juſqu'à ce qu'elle paſſe en même-temps par les pointes des dents les plus prochaines des points de contacts *c*, *b* : on tracera les portions de cercles *b t*, *c p*, qui repréſenteront deux faces des pattes de l'ancre.

1327. Pour trouver les deux autres faces, il faut changer l'ouverture de compas, en ſorte que les dents ayant parcouru la moitié de leur intervalle, elles paſſent par une ſeconde portion de cercle : mais comme cela ſe peut faire également, ou en ouvrant le compas plus qu'il n'étoit, ou en le refermant de la moitié de l'intervalle d'une dent ; on choiſira de ces deux ouvertures celle qui fera moins différer la longueur des traits avec les points de contact *c b*, deſquels on doit s'écarter le moins qu'il eſt poſſible : on tracera donc les deux

[a] La portion de cercle *cp* doit paſſer derriere la dent *c*, afin que l'angle *c* de la patte *c e* ne vienne pas arcbouter ſur le derriere des dents, à meſure que la dent *b* écarte le bras *b t*, & que celui *c* s'introduit entre les dents de la roue.

autres faces de l'ancre *d s*; *e q* que nous plaçons en dedans préférablement, pour diminuer l'espace que parcourt l'ancre, & par conséquent le frottement de l'ancre: ainsi l'on aura les quatre faces des deux bras placées de sorte à laisser échapper alternativement les dents à mesure que ces pattes pénètrent & s'écartent de la roue par le mouvement du pendule.

1328. Maintenant pour régler la longueur des pattes de l'ancre, on partira de l'étendue des arcs de levée (399) que l'on veut donner à l'échappement, que nous fixerons à cinq degrés de chaque côté, ou très-approchant.

1329. Pour marquer exactement cette levée de l'échappement, il faut avoir un demi-cercle gradué en degrés, dont on fera convenir le centre avec le trou du pivot d'ancre percé au calibre d'échappement; on prolongera la ligne *a b* jusqu'en *f* bord du demi-cercle, & on tournera cet instrument jusqu'à ce qu'une de ces divisions corresponde avec la ligne *b f*: on marquera en dedans un point *g* écarté de l'autre de cinq degrés; par ce point on tirera une ligne qui passe par le centre de l'ancre; elle marquera en *d* la quantité dont la patte doit être engagée, pour que la roue en l'écartant par le plan incliné, l'ancre décrive cinq degrés: ainsi pour avoir ce plan incliné, on tracera la ligne *d*, *b* qu'on fera passer par les points *d*, *b* où les droites *a f*; *a g* qui mesurent l'angle *g a f* coupent les portions de cercle *d s*; *b q*; on aura donc la patte *d b* tracée.

1330. Pour tracer le plan incliné *c e*, on observera que, puisque la patte *d b* est engagée de cinq degrés, il faut que celle *c* soit située en dehors de la roue, & toute prête à être mise en prise à mesure que l'autre s'écartera de la roue: ainsi l'extrémité du plan incliné doit être à la circonférence de la roue: on tirera donc par le point *c* la ligne droite *a c* prolongée jusqu'en *h* dehors du demi-cercle; on posera le demi-cercle sur le centre *a*, & on fera convenir une division de l'instrument avec la ligne *a h*; on marquera en dehors un point *i* distant de *h* de cinq degrés;

par ce point, & du centre *a*, on tirera la droite *a i*, & on aura l'angle *i a h*, qui sera la mesure du plan incliné *c e*; on tirera donc la ligne *c e* qui passe par les points *c e*, où les droites *a h a i* coupent les portions de cercle *c p*; *e q*: ainsi l'on aura le plan incliné qui doit terminer la patte, & tellement situé, que lorsque la dent *b* aura écarté la patte *b d*, & fait parcourir cinq degrés, la patte *c e* sera engagée de cinq degrés dans la roue; ainsi lorsque la dent *r* l'aura écartée pour échapper, la patte *c* aura décrit cinq degrés, & par conséquent l'arc total de levée de l'échappement sera de cinq degrés (399).

1331. L'échappement ainsi tracé seroit à repos, puisqu'il est formé par des portions de cercle concentriques à *A* (396); mais comme un tel échappement ne corrigeroit pas les inégalités de la force motrice, ainsi que nous le ferons voir (*seconde Partie*), il faudra tracer sur les faces de l'ancre des courbes *b l*; *e k* qui feront rétrograder la roue, à mesure que les pattes s'engageront dans les dents par l'augmentation de la force motrice.

1332. Pour tracer ces courbes de maniere à donner le recul qui m'a paru le plus convenable pour rendre les oscillations isochrones, voici les dimensions que l'on suivra: on prendra avec un compas l'intervalle *b m* qui sépare les portions de cercles *b t*; *d s*; on le portera trois fois sur la portion de cercle, en partant de l'angle *b* du plan incliné; de cette troisieme division on marquera le point 4 avec la même ouverture de compas; de ce point & de celui *a* de l'angle du plan incliné, on menera la courbe *b l*, formée par un trait de compas qui aura pour ouverture la longueur *a b* qui a servi à former la portion de cercle *b t*.

1333. Pour trouver l'endroit où l'on doit poser la pointe du compas, afin que la courbe que l'autre pointe doit tracer, passe en même-temps par les points *b*, 4, on posera la pointe du compas sur le point *b*, & avec l'autre l'on tracera la portion de cercle *n*; on posera de même une pointe sur le point 4, & avec l'autre on tracera la portion *n*; le

point où elles se couperont sera celui où la pointe du compas doit poser pour tracer la courbe ou portion de cercle *b l*.

1334. Pour tracer l'autre courbe dans l'intérieur de la patte *c e*, on prendra la même épaisseur *e u* de cette patte; on partira de l'angle *e* du plan incliné, & on la portera trois fois sur la portion de cercle *e q*; de la troisieme division on marquera, avec la même ouverture de compas, le point 4; par ce point, & par celui *e* de l'angle du plan incliné, on menera la courbe *e k*; on tracera cette courbe avec le compas, en lui donnant pour ouverture la distance *a e* qui a servi à former la portion de cercle *e q*; pour trouver le point *o*, où l'on doit poser la pointe du compas, afin que l'autre pointe passe en même-temps par le point *k* & celui *e*, on posera une pointe du compas sur le point *e*, & de l'autre on tracera la portion de cercle *o*; on en fera autant en posant la pointe sur 4, & en traçant la portion de cercle *o*: l'endroit *o* où ces deux parties de cercle se coupent, sera celui où l'on devra poser la pointe du compas, pour faire passer la courbe par les pointes *e* & *k*.

1335. L'on aura donc la figure qu'il faut donner à l'ancre d'échappement tracée exactement, ainsi il ne restera qu'à l'exécuter d'après ces dimensions.

De l'exécution de l'Ancre d'échappement.

1336. Pour faire l'ancre, on prendra de l'acier qui ait deux lignes d'épaisseur, & soit de la largeur propre à y former l'ancre tel qu'il est représenté sur le calibre d'échappement, & de la longueur requise; on le laissera plus long & plus large qu'il n'est besoin, afin d'avoir de l'espace pour tracer sa figure: on percera un trou de la grosseur convenable, afin qu'étant étampé, il entre juste sur le quarré de la tige d'ancre; on étampera ce trou, & on le rendra bien quarré, & en sorte que l'ancre entre à force sur le quarré de la tige, & de maniere que la moitié de son épaisseur soit

à la même élévation du rochet d'échappement ; ce que l'on verra en préſentant la tige ſur le bord de la cage , tandis que la roue eſt en cage : l'ancre ainſi étampé , on le limera à plat des deux côtés, & bien droit, & on l'adoucira avec une carrelette.

1337. Pour former l'ancre ſelon les traits marqués ſur le calibre, on peut le faire de deux manieres, ou en tranſportant ſur l'ancre les traits du calibre, ſelon les dimenſions que nous venons de preſcrire ; ou bien on peut découper très-exactement l'ancre tracé ſur le calibre , & l'appliquer enſuite ſur la plaque d'acier qui doit former l'ancre , & tracer ſur cette plaque le contour de l'ancre : pour cet effet, il faut arrêter le calibre ſur l'ancre, en faiſant paſſer un arbre liſſe dans les trous de l'un & de l'autre , & en ſerrant le calibre contre l'ancre avec des tenailles à vis. Cette méthode eſt la plus facile à mettre en uſage ; mais la premiere eſt préférable pour la juſteſſe : il eſt vrai qu'il faut des précautions pour rapporter exactement la figure de l'ancre ſur la plaque d'acier , telle qu'elle eſt tracée ſur le calibre ; on le fera à-peu-près de la maniere ſuivante.

1338. On prendra avec le compas le rayon *a b* qui a ſervi à former les portions de cercle *b t*; *c p* ſur le calibre d'échappement , & on tracera ſur l'ancre ces portions de cercle, mais en obſervant à les tracer ſur le côté convenable ; ce qui eſt donné par le plus grand côté du trou qui eſt celui ſur lequel on doit poſer la pointe pour tracer les portions de cercle *b t* ; *c p* ; on tracera de même les portions de cercle intérieures *e q* ; *d s* ſur l'ancre, en prenant la meſure ſur le calibre ; on limera, ſelon ces portions de cercle , le dedans *d s*, & le dehors *c p*, & fort exactement.

1339. On appliquera l'ancre contre le calibre en faiſant convenir les centres ; ce que l'on fera en faiſant paſſer un arbre liſſe à travers le trou de l'ancre & du calibre; on marquera ſur les portions de cercle limées l'extrémité *c* & *d* des pattes.

1340. On poſera une petite regle ſur une des pattes ;

& on la dirigera ſelon les lignes prolongées pour les plans inclinés *d b* ; *e c* ; & on tracera ſur la plaque de l'ancre les plans de l'ancre qui devront paſſer exactement au-deſſus des lignes du calibre : on en fera autant à l'autre patte ; enſuite l'on portera trois fois, comme l'on a fait pour le calibre, l'épaiſſeur des pattes ; on tracera les courbes de la même maniere.

1341. L'ancre étant tracé, on le limera ſelon les traits, & en le préſentant de temps à autre ſur le calibre, afin de vérifier ſi on le lime ſelon la forme du calibre.

1342. L'ancre ainſi ébauché & approché de la figure tracée ſur le calibre ſera prêt à être achevé ; mais avant de le faire, il faudra, pour plus de facilité & pour la perfection de l'échappement, faire une vis excentrique (119) ſur laquelle roule le pivot de la tige d'ancre ſitué à la platine des piliers ; pour cet effet on aggrandira ce trou auquel on donnera une ligne $\frac{1}{2}$ de diametre ; on prendra du fil de laiton tiré bien dur, ou pour le mieux, du laiton écroui ; on tournera le bout de maniere qu'il entre à force dans le trou de la platine, & retenu par derriere par une portée *V*, (*Planche V, fig.* 3) ; on limera l'autre côté à fleur de la platine, & on percera, un peu en dehors du centre, un trou dans lequel on fera entrer librement le pivot de la tige : ces ſortes de trous ne doivent pas être percés d'*outre en outre*, mais ſeulement de la profondeur néceſſaire pour que le bout du pivot roulant contre le fond du trou ait la hauteur néceſſaire en cage ; on appelle cela des *trous foncés* : pour aggrandir ces trous, il faut accourcir l'équarriſſoir, pour que ſon bout aggrandiſſe le trou ſelon la groſſeur du pivot ; on fait auſſi rouler l'autre pivot du côté de la fourchette, dans un trou foncé fait au coq : ces ſortes de trous, quand ils ſont bien faits, ſont très-bons ; ils ont cependant un défaut qui eſt que les ſaletés qui s'y introduiſent, & s'y arrêtent, au lieu que dans les trous ordinaires, elles en ſortent ; il eſt vrai que le frottement des pivots dans les trous foncés eſt moindre, parce qu'ils ſont retenus par leurs

pointes, au lieu que les autres le ſont par leurs portées.

Achever l'Échappement.

1343. La vis excentrique étant faite, on mettra la roue d'échappement en cage, & l'on arrêtera les platines par des goupilles que l'on mettra aux piliers ; on tournera l'excentrique, pour qu'il écarte, le plus qu'il pourra, le trou du pivot de la roue ; on mettra l'ancre ſur ſa tige ainſi que la fourchette, & on mettra le tout en cage avec le coq d'échappement ; on fera tourner la roue en avant d'une main, tandis qu'avec l'autre on retiendra la fourchette ; & on verra ſi après qu'une dent de la roue a agi ſur le plan incliné, elle peut s'en échapper, & n'eſt point empêchée par l'autre patte, qui, étant trop épaiſſe, ne paſſe pas derriere la dent ; ce qui ne peut pas manquer d'arriver, parce que par la conſtruction nous avons fait tenir les pattes de la moitié de l'intervalle d'une dent, au lieu qu'elles doivent être moindres, pour permettre qu'à meſure qu'une patte s'écarte de la roue, l'autre s'y engrene ; ce qu'il ſera aiſé de voir par l'application : on limera donc l'extrémité de cette patte, afin que la dent l'abandonne ; & s'il eſt néceſſaire, on accourcira un peu les pattes, en conſervant les plans de la même inclinaiſon ; & on limera très-petit à petit l'ancre, de ſorte qu'à meſure qu'une dent *b* échappe de l'extrémité du plan incliné, la dent aille poſer ſur l'origine de la courbe, & non ſur le plan incliné ; & cela avec très-peu de *chûte*, c'eſt-à-dire, qu'en même-temps qu'une dent échappe d'une palette, l'autre patte arrête la roue, en ſorte que celle-ci parcoure très-peu de chemin par ce paſſage ; ainſi toute l'action de la roue agira par un mouvement uniforme ſur les plans inclinés de l'ancre, pour reſtituer au pendule la force qu'il perd. Pour ôter les chûtes, on rapprochera l'ancre de la roue, en tournant l'excentrique.

1344. Il faut avoir attention, en limant & achevant l'ancre, de ne pas changer l'épaiſſeur des pattes ; ce qui rendroit

droit les arcs de levée inégaux : c'eſt par les mêmes raiſons qu'il ne faut pas non plus changer l'inclinaiſon des plans *d b* ; *c e* ; & pour vérifier s'ils ſont inclinés convenablement, on verra ſi, après que les dents ont échappé de l'extrémité des plans, la dent qui va poſer ſur l'autre patte anticipe de la même quantité ſur la courbe ; ſi cela eſt, c'eſt une preuve de l'égalité de levée ; ſinon, on corrigera l'inclinaiſon de l'un ou de l'autre plan : on peut encore vérifier l'égalité de levée par la fourchette, en meſurant ſi le chemin qu'elle fait par la levée de chaque patte eſt égal : on vérifiera, par le même moyen, ſi le mouvement rétrograde de la route eſt produit de la même maniere par chaque courbe : on les terminera donc en conſéquence ; on adoucira & on dreſſera toutes les faces de l'ancre avec beaucoup d'attention.

1345. L'ancre étant ainſi achevé, on le trempera, on le blanchira avec de la ponce, & on fera revenir ſeulement avec un chalumeau le milieu à l'endroit du trou, afin qu'en enfonçant le quarré, ce trou ne ſe fende pas : on laiſſera les pattes de toute leur dureté.

1346. L'ancre ainſi trempé, on adoucira & on dreſſera ſes faces aves des limes de fer & de la pierre à huile broyée ; enſuite on polira ces mêmes faces avec une lime d'étain & du rouge fin d'Angleterre, de ſorte qu'il ne reſte aucuns traits, & que par conſéquent le frottement des dents ſur l'ancre ſoit le moindre qu'il eſt poſſible : les faces de l'ancre & les plans étant polis, on vérifiera l'effet de l'échappement ; & ſi une des pattes donnoit moins de chûte que l'autre, il faudroit l'uſer avec la lime de fer & la pierre à huile. Cela fait, on polira les autres parties de l'ancre.

5°. *De l'exécution du Pendule.*

1347. Le pendule eſt, comme nous avons dit, le régulateur des Horloges (36) ; & lorſqu'il eſt bien diſpoſé, c'eſt-à-dire, qu'il eſt peſant & bien ſuſpendu, il corrige aſſez bien les inégalités de la force motrice ; mais de tels

pendules ſont rarement appliqués aux Horloges ordinaires comme celle dont il eſt ici queſtion ; & c'eſt pour cette raiſon que nous avons donné, auſſi bien qu'il a été en notre pouvoir, les moyens d'y ſuppléer, en appliquant un échappement qui corrigera les inégalités de la force motrice : nous nous réglerons donc ici pour le pendule à la diſpoſition qu'on lui donne ordinairement, & que l'on peut employer dans nos cartels.

1348. La juſteſſe d'une Horloge dépend encore ſingulièrement, ainſi que nous le ferons voir *Seconde Partie*, du rapport de la force motrice à l'étendue des arcs du pendule, au poids de la lentille, &c ; mais comme nous le montrerons auſſi, il n'eſt pas facile dans les Horloges à reſſort de proportionner la force motrice au régulateur ; l'échappement dont nous venons de parler, ſuppléera à ce rapport, ſur-tout en y employant les précautions que nous indiquerons ci-après.

1349. La lentille d'une Horloge, comme celle qui nous occupe, peut avoir un pouce $\frac{1}{4}$ de diametre, deux lignes d'épaiſſeur, & peſer environ une once ; enſorte que, par cette diſpoſition, elle ſera d'un poids à peu-près relatif à la force du grand reſſort, & à l'étendue des arcs de levée de l'échappement.

1350. Le pendule d'une Horloge ordinaire eſt compoſé de quatre pieces ; 1°, de la lentille ; 2°, d'un bout de fil de fer qui ſe fixe à la lentille par un bout, & dont l'autre ſe fixe à la plaque qui entre dans la fourchette ; 3°, de cette plaque qui eſt de laiton ; & enfin d'un bout de fil de fer qui le fixe par un bout avec la plaque qui paſſe dans la fourchette, & dont l'autre bout eſt plié en crochet pour s'accrocher au fil de ſuſpenſion.

1351. Pour faire la lentille, on prendra du laiton qui ait trois lignes d'épaiſſeur, & un pouce $\frac{1}{2}$ de diametre, (ſi la place du cartel le permet, ainſi que nous le ſuppoſons) : on écrouira cette plaque ; on la percera à ſon centre d'un trou qui ait deux lignes de groſſeur ; on la coupera ronde, ſelon

le trait du compas ; on fera entrer cette plaque à force ſur un arbre liſſe ; on la tournera, & on lui donnera une figure lenticulaire, réſervant pour cela le milieu de toute ſon épaiſſeur, & terminant le bord en tranchant, & ſelon la coupe repréſentée (*Planche XXII, fig. 6*) ; on l'adoucira, & on la polira.

1352. Pour faire la verge du pendule, on ſe ſert de fil de fer tiré ; mais il ſeroit préférable de la faire d'acier, par la raiſon qu'il ſe dilate moins par la chaleur, & qu'il eſt moins ſujet à ſe courber : on prendra donc du fil d'acier tiré qui ait environ deux tiers de ligne de groſſeur, & neuf à dix pouces de longueur ; on le coupera en deux parties, dont un bout ſoit de la longueur de la fourchette, & l'autre plus long qu'il n'eſt beſoin pour porter la lentille ; on fera la plaque qui doit paſſer dans la fente de la fourchette ; on prendra pour cela du laiton qui ait une ligne d'épaiſſeur, deux de largeur, & neuf de longueur : on écrouira cette plaque ; on percera par ſes bouts deux trous ſelon la longueur de la plaque, & de groſſeur convenable pour pouvoir y faire entrer à force les bouts de fil d'acier ; après qu'on les aura un peu limés en pointe, pour faciliter l'entrée, on donnera à chaque bout de ces trous une couple de ligne de profondeur ; alors on y fera entrer à force les fils d'acier ou de fer : on limera la plaque bien droite, & d'égale épaiſſeur dans toute ſa longueur ; on aggrandira la fente de la fourchette, pour que la plaque du pendule y entre ſelon ſon épaiſſeur, & bien juſte dans toute ſa longueur, afin qu'à meſure qu'on accourcit ou qu'on alonge la ſoie, cette plaque qui monte & deſcend dans la fourchette, le faſſe ſans jeu, & cependant librement, pour que le pendule puiſſe prendre ſon aplomb.

1353. Pour faire le crochet de la verge qui doit porter le pendule, il faudra recuire le bout du fil d'acier, afin de pouvoir le plier avec une pincette à bec rond ; pour plier ce bout du pendule, il faut mettre en cage la fourchette chaſſée ſur ſa tige, placer le coq de ſuſpenſion, avec l'avance &

retard, & y attacher un fil de soie de grosseur à remplir exactement les trous de la branche *H* du coq : ce fil doit être arrangé selon que nous l'avons indiqué (1299) : on tournera le quarré de l'avance & retard, jusqu'à ce que le pli *K* du fil soit distant de quatre lignes du dessous ; alors on présentera le pendule, de sorte que le milieu de la plaque soit vis-à-vis de la fourchette ; on marquera l'endroit où le pli du fil répond sur le fil de fer ; c'est par cet endroit qu'il faudra le plier pour faire le crochet qui doit s'attacher au fil pour suspendre le pendule.

1354. Maintenant pour couper le fil de fer de longueur convenable pour ce pendule, qui doit être de neuf pouces trois lignes pris du centre de suspension au centre de la lentille, on accrochera le pendule à la soie de suspension ; on présentera la lentille contre le bas du fil de fer, & avec un pied on mesurera la distance du centre de la lentille au-dessous de la branche *H* ; on montera cette lentille sur le côté du fil de fer, jusqu'à ce que son centre soit distant de *H* de neuf pouces trois lignes ; on marquera en ce moment sur le fil de fer le bord de la lentille : ainsi cette marque désignera l'endroit où le bord de la lentille doit s'arrêter sur la verge.

1355. Pour fixer la lentille sur le bout de la verge du pendule, on percera un trou dans son épaisseur qui soit un peu plus petit que le fil de fer : pour percer ce trou, on fera une entaille avec une lime sur le bord de la lentille, afin que le foret puisse y avoir prise, ce qui ne se pourroit pas faire facilement, à cause du tranchant du bord ; on percera ce trou de trois à quatre lignes de profondeur, & en le dirigeant au centre : on coupera le fil de fer de trois lignes au-dessous de la marque qu'on y a faite ; on le limera un peu en pointe, & on le fera entrer à force sur la lentille ; mais en prenant garde qu'elle soit dirigée perpendiculairement au plan de la plaque du pendule, & que par conséquent le tranchant de la lentille soit dans le plan de mouvement du pendule.

XI. *Faire* marcher en blanc *le Mouvement de l'Horloge, & la régler.*

1356. Lorfque le pendule fera fait, l'Horloge fera toute difpofée pour être remontée, & pour la faire marcher ; il ne fera pas befoin pour cela que les roues ni les platines foient polies : lorfque les Horlogers remontent ainfi les mouvements avant de les polir, ils appellent cela *faire marcher la Pendule en blanc.*

1357. On ne fait marcher une Pendule en blanc que lorfqu'on n'eft pas fûr de tous fes effets ; par ce moyen, on peut y travailler, & en corriger les défauts ; enfuite on en polit les pieces.

1358. Pour faire marcher l'Horloge en blanc, il faudra commencer par nettoyer tous les trous des platines avec du bois de fufin ; on fera des goupilles qui entrent bien dans les trous des piliers : on préfentera toutes les roues les unes après les autres en cage, & on goupillera à chaque fois les platines, afin de voir fi les roues ont le jeu convenable en hauteur, & fi elles tournent librement dans leurs trous, & on y remédiera en conféquence ; favoir, en reculant les portées des pivots, fi elles font trop hautes en cage, & en aggrandiffant ces trous, s'ils ne le font pas affez.

1359. On nettoiera les pignons & les roues avec une petite broffe ; on pafferа un bois dans les trous du barrillet, & on verra fi l'arbre tourne librement dans ces trous ; on nettoiera le reffort, & on le mettra dans fon barrillet ; on mettra de l'huile au reffort, & en affez grande quantité, pour que la fpire du reffort en foit enduite dans toute fa longueur : on nettoiera l'arbre ; on mettra de l'huile à l'endroit des pivots qui doivent rouler dans les trous de barrillet : on remontera le barrillet.

1360. Cela ainfi préparé, on mettra en leurs places les broches des pieces de cadrature ; on n'oubliera pas

fur-tout celle de la piece des quarts, dont la tête étant en deffus de la feconde platine, ne pourroit être mife en place lorfque la cage fera montée; on mettra en cage toutes les pieces qui doivent s'y placer, c'eft ce qu'on appelle *remonter le mouvement* : on mettra des goupilles aux platines; enfuite l'on prendra de l'huile avec la pointe d'un foret, & on en mettra à chaque réfervoir des pivots de l'une & l'autre platine.

1361. On remontera le rochet d'encliquetage du mouvement, & on chaffera une goupille dans le trou du quarré; on remontera le refte de l'encliquetage; on mettra en place le barrillet de répétition; après qu'on aura mis de l'huile au reffort, on mettra l'arbre, & de forte qu'il accroche l'œil du reffort.

1362. On nettoiera les roues de cadran, & on les mettra en place, & celles de renvoi à leur repaire.

1363. On attachera à la poulie un cordon qui ait environ une aune de longueur, & qui foit de groffeur convenable à remplir la rainure de la poulie.

1364. Pour attacher ce cordon, on fera un nœud tout au bout; on fera entrer ce nœud dans l'entaille faite au fond de la poulie; on percera à travers la poulie un trou qui paffe tout contre le nœud, & qui puiffe le retenir; par ce trou, on fera entrer à force une goupille.

1365. On mettra la poulie fur fon quarré : le limaçon des quarts fur celui de la tige de renvoi : on nettoiera le trou du canon de l'étoile; on placera l'étoile fur fa broche portée par le tout-ou-rien; on mettra une goupille dans le trou de la broche, on coupera cette goupille à fleur du canon: on mettra le tout-ou-rien en fa place, lorfqu'il fera ainfi affemblé avec l'étoile : on placera le fautoir, & on goupillera la broche : on placera le reffort du fautoir, auquel on donnera la bande néceffaire, pour que le valet contienne l'étoile, de maniere qu'elle foit retenue en place, & puiffe faire mouvoir la furprife par l'action du valet, & fans pouvoir charger le mouvement de l'Horloge : on mettra la piece des quarts

en ſa place, ainſi que ſon reſſort, auquel on donnera ſeulement la bande néceſſaire, pour faire deſcendre cette piece des quarts ſur le limaçon, lorſque les chevilles de la poulie lui en ont donné la liberté : on goupillera cette piece des quarts.

1366. En cet état, on tirera le cordon qui entoure la poulie, & on remontera le reſſort de répétition ; on ne le remontera pas tout-à-fait en haut ; mais de ſorte qu'il reſte un demi-tour dont on puiſſe en outre le monter.

1367. On mettra en ſa place, & à ſon repaire, le rateau, &on fera répéter l'heure: ſi les marteaux frappent trop lentement, on tournera la vis excentrique de la répétition, afin d'éloigner le pignon de volant de la roue, & d'affoiblir par ce moyen l'engrenage, ce qui augmentera la vîteſſe du rouage : mais ſi cela n'eſt pas ſuffiſant, il faudra étrécir le volant, ce que l'on peut faire ſans démonter la piece ; il ne faut pour cela que de tirer l'excentrique *Q* que l'on a mis à la platine des piliers.

1368. Mais avant de régler la vîteſſe du rouage, il faut mettre en place les marteaux & le timbre, parce que la peſanteur des marteaux change encore la vîteſſe du coup ; on changera d'ailleurs, ſelon qu'il ſera néceſſaire, la bande des reſſorts de marteau, afin que les marteaux donnent les plus grands coups que puiſſe comporter le reſſort moteur : pour changer la bande de ces reſſorts, il ne ſera pas néceſſaire de démonter l'Horloge, parce que ces reſſorts ſont tellement diſpoſés, que quoique placés en dedans de la cage, ils peuvent ſe démonter ; ce qui ſe fait au moyen des vis qui les retiennent, dont les têtes ſont en dehors des platines.

1369. La vîteſſe du rouage ainſi réglée, pour compter diſtinctement les coups de marteau, on examinera de nouveau ſi la cadrature remplit toutes ſes fonctions : pour cet effet, on remontera la fauſſe-plaque & ſon cadran, & on goupillera ſolidement les faux-piliers ; on mettra l'aiguille des heures en place, ainſi que celle des minutes qu'on aura ſoin de

mettre à son repaire ; on mettra la goutte, & ensuite la goupille qui la retient sur le pivot contre l'aiguille des minutes.

1370. On examinera d'abord si en faisant tourner l'aiguille des minutes l'étoile détend bien : si cela n'étoit pas, ce seroit une marque que les roues de chaussée ne seroient pas à leurs repaires, & on les y mettroit en redémontant la plaque : si en tournant l'aiguille, le pas *h* du limaçon des quarts n'approche pas trop près du bras *k* de la piece des quarts ; si cela étoit, cela feroit arrêter l'Horloge, & ce seroit une marque que l'on a courbé la cheville du doigt ; on la redresseroit donc en conséquence : on fera sonner la répétition en tournant l'aiguille des minutes sur chaque quart ; & on verra si les chevilles de la poulie arrêtent bien le rouage immédiatement après que les quarts on frappé.

1371. On verra de même les effets du limaçon des heures & du tout-ou-rien, & avec les mêmes attentions & précautions que l'on a mises en usage, pour faire produire les effets à la cadrature, & que nous avons expliquées assez au long ci-devant ; ensuite on mettra les goupilles qui doivent arrêter les pieces de cadrature, & on verra si les goupilles ne gênent point le mouvement de ces pieces, & si elles leur laissent la liberté convenable.

1372. Lorsqu'on aura ainsi revu tous les effets de la cadrature, & qu'on les aura réparés selon les regles prescrites pour les faire produire, on chassera à force l'ancre d'échappement sur son quarré, pour être à demeure, & on mettra la fourchette en place : on mettra ces pieces assemblées en cage, ayant attention de mettre auparavant de l'huile aux pivots de la verge : on attachera le coq sur la platine ; on remontera l'arbre de barrillet d'un quart de tour, & on examinera si l'échappement se fait sans chûte & sans accrochement ; on remédiera à l'un ou à l'autre de ces défauts : s'il y a trop de chûte, on rapprochera un peu l'excentrique ; & si les dents de la roue accrochoient sur une patte seulement, on prendra une pierre à huile avec

avec laquelle on uſera, comme avec une lime, l'extrémité de la patte qui accroche, & juſqu'à ce que les chûtes de chaque patte ſoient égales, & incapables d'arrêter l'Horloge: on aura ſoin, à chaque fois qu'on limera avec la pierre à huile, de nettoyer l'ancre, avant de la remettre en place, afin qu'il ne reſte pas de grains de pierre, qui ne manqueroient pas de s'attacher aux dents de la roue d'échappement, & creuſeroient l'ancre à meſure que l'Horloge marcheroit; en ſorte qu'en très-peu de temps les faces de l'ancre ſeroient déchirées, & que cela feroit varier la machine, qui finiroit par arrêter.

1373. L'échappement ainſi mis à ſon vrai point, on fera tourner la fourchette ſéparément de ſa tige, juſqu'à ce que l'arc qu'elle décrit par l'échappement ſe faſſe également de chaque côté de la ligne verticale ou de midi, c'eſt-à-dire, qui paſſe du centre de la platite au centre de la tige: quand on aura ainſi tourné la fourchette ſéparément de ſa tige, on levera le coq, & on attachera la tige à l'étau; enſuite l'on chaſſera la fourchette à force, afin qu'elle demeure fixe avec la tige.

1374. Enfin l'on placera le mouvement de l'Horloge dans ſon cartel, avec lequel on l'attachera au moyen des quatre vis qui fixent la fauſſe plaque contre la batte: on mettra le pendule en place; pour cet effet, on ouvrira la porte de derriere du cartel; on ôtera le timbre & le porte-timbre; & on accrochera le pendule, en le paſſant d'abord dans la fourchette, & en le montant juſqu'à ce que ſon crochet ſoit accroché au fil de ſuſpenſion: on fermera la porte de derriere, & on accrochera le cartel à un clou à crochet attaché contre le mur; on mettra le cartel d'aplomb par le cadran: on remontera le reſſort d'un tour, & on donnera le mouvement au pendule. Si en cet état l'échappement ne ſe fait pas également des deux côtés, c'eſt-à-dire, qu'on n'entende pas les battements égaux, c'eſt une marque que la fourchette n'eſt pas parfaitement bien dirigée ſelon la ligne verticale; & alors il faudra la courber un peu d'un

ou d'autre côté, jufqu'à ce que l'échappement ne *cloche* plus; les Horlogers appellent cette opération, *mettre la piece dans fon échappement.* Cela fait, on *décrochera* le cartel, afin de mettre le timbre à fa place ; on paffera le cordon de la répétition dans un trou que l'on aura fait au cartel à cet ufage : ce trou doit être placé de maniere à ne pas gêner le cordon, c'eft-à-dire, qu'il doit être percé dans la direction même que l'on fuit en tirant le cordon pour faire répéter la machine : car fi le cordon fait un coude, il devient plus dur à tirer, & il s'ufe plus promptement.

1375. On replacera ce cartel contre le mur ; on le mettra d'aplomb, & on donnera le mouvement de vibration au pendule; & fi la verge du pendule touchoit à la cadrature ou au timbre, ce feroit une marque que le mur n'eft pas d'aplomb, & qu'il faudroit caler le cartel du haut ou du bas pour le mettre d'à-plomb : fi le pendule touche au timbre, il faut éloigner le haut du cartel du mur, & par conféquent le caler par le haut; & fi au contraire le pendule touche aux pieces de cadrature, il faut éloigner le bas du cartel du mur & le caler en conféquence.

Examen du rapport de la pefanteur du Régulateur à la force motrice.

1376. Le cartel ainfi pofé, & le mouvement de l'Horloge fini, il faudra éprouver fi la pefanteur de la lentille eft relative à la force motrice : pour cet effet, on écartera le pendule de la verticale, feulement pour que les dents de la roue échappent : fi en cet état la force motrice eft capable d'entretenir le mouvement du pendule, c'eft une marque que la lentille n'eft pas trop pefante, puifque le reffort n'a que cinq quarts de tours de bande (1372 & 1374); mais fi au contraire après avoir donné le mouvement de vibration au pendule, l'Horloge venoit à arrêter, ce feroit une marque que la lentille feroit trop pefante, relativement à la force motrice & à l'étendue des arcs de levée: ainfi

il faudroit amincir & alléger la lentille, jusqu'à ce qu'elle fût de la pesanteur requise ; enfin, si après avoir donné le simple mouvement de vibration au pendule, en ne lui faisant décrire que l'arc de levée, les arcs de vibration du pendule venoient à augmenter de beaucoup de ceux de levée, c'est-à-dire, que la force motrice fut capable, par exemple, d'en doubler l'étendue, alors cela prouveroit que la lentille est trop légere : il faudroit en ce cas en faire une plus pesante, & relativement à l'augmentation des arcs de vibration sur ceux de levée : si, par exemple, nous supposons que l'arc de vibration, lorsque le ressort n'a que cinq quarts de tours de bande, est double de celui de levée, il faudra faire une lentille près de quatre fois plus pesante ; & alors si la place ne permet pas d'augmenter le diametre de la lentille, il faudra faire une boule au lieu de lentille, parce que, sous un moindre volume, elle contiendra une plus grande quantité de matiere ; il est vrai qu'elle éprouvera un peu plus de résistance de l'air ; mais on peut négliger cette considération, lorsqu'il est question de petits arcs, ainsi que nous le ferons voir (*seconde Partie*).

Régler l'Horloge.

1377. L'Horloge ainsi préparée, il ne restera plus qu'à la régler ; & à vérifier l'effet de l'échappement ; on commencera d'abord par la régler, en laissant le ressort à son premier tour de bande : si l'Horloge en cet état retarde sensiblement, c'est-à-dire, de quatre ou cinq minutes en vingt-quatre heures, on coupera d'environ une ligne la verge du pendule : pour cet effet on chassera la lentille hors de dessus le fil qui la porte, & on coupera ce fil ; on le limera un peu, pour le faire entrer dans le trou de la lentille, & accourcir ainsi le pendule ; & sans toucher à l'avance & retard, parce qu'il convient de laisser la soie à la longueur que nous lui avons donnée, & de régler très-à-peu-près l'Horloge sans changer la longueur de la soie : si

au contraire l'Horloge avançoit de quatre ou cinq minutes en vingt-quatre heures, il faudroit mettre un fil de fer plus long d'une ligne que celui qui porte la lentille.

1378. L'Horloge étant à-peu-près réglée au bas, on la laissera marcher pendant vingt-quatre heures, & on la comparera ou avec le Soleil ou avec une Pendule à secondes bien réglée, ou une Horloge de l'exactitude de laquelle on soit sûr; on notera exactement l'écart qu'elle aura fait en vingt-quatre heures; alors, sans toucher ni au pendule ni à l'avance & retard, on remontera le ressort jusqu'au haut; on remettra les aiguilles à l'heure soit du Soleil, ou de la même Horloge avec laquelle on l'a comparée la veille; on la laissera marcher pendant vingt-quatre heures, & on notera l'écart qu'elle a fait: si cet écart est de la même quantité, & dans le même sens que celui qu'elle a fait lorsque le ressort étoit au bas, c'est une preuve que l'échappement corrige parfaitement les inégalités de la force motrice; mais si au contraire elle avançoit plus au haut qu'au bas, cela prouveroit que le recul est trop grand; ainsi il faudroit détremper l'ancre d'échappement, afin de rapprocher un peu du repos les courbes de l'ancre; on le retremperoit ensuite; on le repoliroit; & on recommenceroit l'examen de la même maniere, & jusqu'à ce que l'Horloge avance ou retarde également, soit que le ressort soit au bas, soit qu'il soit monté tout au haut.

1379. On ne doit pas craindre que les courbures telles que nous les avons prescrites, soient trop rapprochées des portions de cercles, c'est-à-dire, que l'échappement ne donne pas assez de recul: car les dimensions que nous avons indiquées l'en écartent plus qu'il ne faut, ce que nous avons fait, afin que l'on soit plutôt obligé à adoucir le recul, ce qui n'exige que de détremper l'ancre; au lieu que si le recul étoit trop petit, il faudroit refaire l'ancre: au reste, selon les expériences que j'ai faites, un tel échappement corrige très-bien les inégalités de force motrice, & de maniere qu'avec toutes les précautions indiquées on aura une Horloge

qui ira beaucoup plus juste que celles qu'on fait communément, & qui, si elles vont bien, on doit l'attribuer au hazard, vu la négligence & l'ignorance dans laquelle se plaisent beaucoup d'Ouvriers. Il faut convenir que cet échappement n'est point facile à exécuter; aussi pour ne pas trop attendre de l'échappement, est-il à propos de construire le pendule, de maniere à corriger les inégalités de force motrice, c'est-à-dire, que dans un pendule qui a neuf pouces environ de longueur, la lentille doit peser trois à quatre livres; la suspension doit être faite à couteau; & qu'enfin l'étendue des arcs de levée de l'échappement doit être relative à la force motrice; dans ce cas, les inégalités du ressort ne peuvent faire que peu d'impression sur la justesse de l'Horloge.

1380. Quand on aura ainsi comparé l'Horloge dans les différents points d'action du ressort, & qu'elle aura marché pendant quinze jours, on la démontera pour polir les platines, les roues & pieces de cadrature, &c. Avant de lever le coq d'échappement, il faudra prendre la clef de la Pendule qui va sur le quarré de l'arbre de barillet, & la mettre sur son quarré, afin de débander le ressort: pour cet effet, pendant qu'avec la main on soutient l'effort du ressort, on appuiera sur la queue du cliquet, afin qu'il laisse au rochet la liberté de rétrograder: cette précaution est très-essentielle; car sans cela l'on courroit risque, en levant le coq d'échappement, que l'ancre n'allât porter contre la roue, & n'en cassât ou courbât les dents, à cause de la grande vîtesse avec laquelle elle est entraînée par le moteur. Toutes les fois que l'on démonte une piece d'Horlogerie quelconque, dont le moteur est un ressort, il faut commencer par le débander; car il est arrivé quelquefois à ceux qui ont manqué cette précaution, de faire casser des roues & des pivots du rouage.

1381. Pour démonter le mouvement, on le fera en reprenant par ordre les dernieres pieces qui ont été rassemblées.

1382. Le mouvement ainsi démonté, on polira les pieces de cuivre, en se servant pour les platines; 1°. de la *Ponce*, pour ôter les traits de la lime; 2°. de *Pierre à l'eau douce*; 3°. de *Charbon de hêtre* avec de l'*huile*; & enfin, d'un *Feutre* colé sur du bois, & on emploiera avec de la *Pierre pourrie* ou du *Tripoli*. Les platines étant polies, on les nettoiera avec beaucoup de précaution, & ne laissant pas la moindre saleté dans aucun des trous dans lesquels on passera du bois de fusin, jusqu'à ce que le bois ne se noircisse plus, on nettoiera les réservoirs pour l'huile, en un mot les platines dans toutes leurs parties. Pour polir la roue de barillet, on le fera de la même maniere que pour les platines & pour les roues & les autres pieces de cuivre de la cadrature; on les passera à la pierre à l'eau & au charbon; ensuite avec du bois de fusin, de la pierre pourrie, & enfin légerement le feutre, afin de conserver les pieces plates; car le feutre les arrondit : on nettoiera les roues, en se servant d'une petite brosse, & de blanc d'Espagne réduit en poudre; on dégraissera sur-tout les dentures avec cette brosse, ce qui leur donnera une sorte de poli.

1383. Pour polir les pieces d'acier, on prendra une pierre à huile, & ensuite du bois de noyer avec du rouge fin; on polira le doigt & le valet, les tiges de marteau, les ressorts, les têtes des vis, les têtes des broches, & la tige de l'avance & retard.

1384. Quand ces pieces d'acier seront polies, on les nettoiera, & ensuite on les *bleuira*. Pour cet effet on allumera des *mottes à brûler*; & au défaut de mottes, on aura du feu dans une poële, laquelle on recouvrira de cendres que l'on rendra unies par-dessus; on posera les pieces les unes après les autres sur ces cendres, & on les y laissera jusqu'à ce que la chaleur les rende d'un bleu vif : on fait cela pour rendre les pieces plus belles; il y a même des gens qui prétendent que l'acier ou fer bleui est moins sujet à se rouiller; & cela est assez vraisemblable, parce que la chaleur consume les parties humides qui sont à la surface du corps.

1385. Cela fait, le mouvement sera prêt à remonter: nous n'entrerons point ici dans de nouveaux détails, sur la maniere dont on doit rassembler le mouvement; on doit le faire de la même maniere que nous l'avons expliqué, pour faire marcher le mouvement en blanc (1356 & suiv.); & nous y renvoyons, pour ne pas répéter & allonger un article qui n'est déja que trop long, que nous n'avions pas prévu devoir nous mener si loin, & auquel nous convenons qu'il reste cependant beaucoup à desirer, tant pour la clarté de l'explication, que pour les figures qu'il auroit fallu augmenter; mais nous ne nous sommes avisés de traiter cette matiere de la main-d'œuvre, qu'au moment que l'on en étoit à la fin de l'impression de la premiere Partie, & que toutes nos Planches étoient gravées. Pour suppléer à ce qui manque à cet article du côté des figures, on ne fera pas mal d'avoir devant les yeux un mouvement d'Horlogerie; par ce moyen, on entendra facilement toutes les opérations que nous avons indiquées. Au reste, on me doit tenir compte de m'être engagé à traiter une matiere aussi ingrate, & sur laquelle personne n'avoit encore écrit.

XII. *De l'exécution de l'Echappement à repos, applicable à une Horloge à Secondes ou autres.*

1386. Quand on fait le plan d'un mouvement à secondes, on regle ordinairement la hauteur de la cage selon la longueur que l'on veut donner à l'ancre d'échappement, dont le centre se place communément à un diametre $\frac{1}{2}$ du centre du rochet d'échappement; mais différentes expériences m'ont appris qu'une si grande longueur de l'ancre augmente les frottements par la plus grande traînée qui se fait, & qu'il est très-préférable de les rendre courts & placés près de la roue: il est vrai qu'ils sont plus difficiles à exécuter, à cause de l'extrême précision qu'il faut employer

pour former les plans inclinés, qui, étant placés près du centre, doivent être d'autant moins inclinés, afin de ne produire que le même arc de levée; mais avec un peu d'intelligence & d'adreſſe, un Ouvrier parviendra à exécuter un tel échappement, comme il eſt repréſenté (*Planche XV, fig.* 8).

1387. Au reſte, la diſtance du centre de l'ancre à la roue, doit changer, ainſi que nous l'avons dit (397), ſelon que le pendule doit décrire de plus grands ou petits arcs. Nous ſuppoſons donc que l'on veuille faire un échappement, dont l'arc total de levée (399, ſoit de deux degrés, chaque patte de l'ancre ne devra être inclinée de deux degrés : ainſi dans cette diſpoſition, & pour faciliter l'exécution, on pourra éloigner le centre de l'ancre d'un diametre $\frac{1}{2}$ de la roue, comme cela eſt ſuppoſé (*fig.* 10) où cet échappement eſt repréſenté fort en grand, pour en faciliter l'intelligence; car la roue *A*, pour avoir des dents d'une bonne groſſeur, peut n'avoir que huit à douze lignes de diametre; quantité qui varie ſelon que les Horloges marchent plus long-temps : il eſt néceſſaire de tenir la roue plus légere, afin d'avoir une force motrice moins grande; ainſi l'on voit que toutes ces dimenſions doivent varier par la nature de la machine. Dans les Horloges d'un an, par exemple, je fais décrire au pendule des arcs de vibration d'un demi-degré, & je ne donne que huit lignes de diametre à la roue d'échappement.

1388. Dans les Horloges à ſecondes qui vont un mois, je donne près d'un pouce de diametre à la roue d'échappement; & je fais décrire des arcs de deux degrés au pendule, par les raiſons que nous en donnerons *ſeconde Partie, Chap. XXXIX.* Au reſte, quelque ſoit l'échappement à repos que l'on veuille exécuter, on ſe ſervira des mêmes regles de conſtruction.

1389. Pour fendre la roue d'un échappement à repos, il faut avoir attention à ne pas diriger la fraiſe au centre du taſſeau, mais un peu ſur le côté, afin que le devant des

des dents soit incliné à-peu-près comme on le voit dans les figures 8 & 10 ; que par ce moyen, l'appui de la dent sur l'ancre se fasse par la pointe ; & qu'à mesure que l'ancre s'enfonce, il ne puisse faire rétrograder la roue.

1390. Dans les échappements d'Horloge à poids, il n'est pas nécessaire que les dents des roues soient trop enfoncées, par la raison que la force motrice étant seulement capable d'entretenir la vibration du Pendule, l'ancre ne pénetre que très-peu la roue : ainsi on peut tenir le champ de la roue moins large, & elle en sera d'autant moins pesante.

1391. On fendra la roue d'après ces observations, & de la maniere indiquée (1319) ; on ôtera les rebarbes avec une lime carrelette ; on *frisera* les dents de la roue, comme on l'a expliqué, en faisant rouler les pivots dans les trous de pointes à lunette ; en un mot, on la terminera de la même maniere que nous avons prescrite pour la roue d'échappement de l'Horloge à répétition (1320 & suiv.).

1392. On aura une plaque de laiton mince, dressée & adoucie, & de grandeur propre à y tracer la figure de l'ancre, & à placer la roue : à l'extrémité de la plaque, on percera un trou pour y faire entrer le tigeron, en sorte que la roue s'applique contre la plaque, & que celle-ci déborde tout-au-tour : on tracera un trait sur le calibre d'échappement (1324) de la grandeur juste de la roue ; on prendra avec un compas la distance qu'il y a sur la platine, depuis le trou de la tige d'ancre, jusqu'à celui de la roue d'échappement ; de cette ouverture on tracera la portion de cercle *a*, & on percera en *a* un petit trou qui représentera celui du pivot de l'ancre *B*; on tirera la ligne *a b* qui touche la circonférence de la roue : le point *i* sera celui de contact, duquel on fera approcher les bras de l'ancre autant qu'il se pourra.

1393. On posera une pointe du compas dans le trou de la plaque fait en *a*, & on lui donnera l'ouverture *i*; on tournera la roue jusqu'à ce qu'une dent passe par cette pointe ; on portera cette pointe de compas sur l'autre côté de la

roue, afin de voir ſi cette ouverture eſt convenable pour paſſer en même-temps par les deux pointes ; & comme elles n'y paſſent pas tout-à-fait, on ouvrira le compas, & on lui donnera l'ouverture *a 6* qui paſſe par les pointes des dents ; on décrira les portions de cercle 4, 6 ; 2, 5 ; on ouvrira (*) encore le compas d'environ la moitié de l'intervalle d'une dent, & juſqu'à ce que la pointe paſſe par les dents 1, 3 ; on décrira les portions de cercle 3 *D*, 1 *C* ; ainſi on aura l'épaiſſeur des palettes, leſquelles devront être un peu plus minces, pour donner la chûte (1343) à l'échappement.

1394. Pour tracer les plans inclinés, on le fera de la maniere que nous l'avons marqué pour l'échappement iſochrone (1329 & 1330).

1395. On fera forger l'ancre ſelon la figure tracée ſur le calibre d'échappement ; on étampera le trou, pour entrer ſur le quarré de la tige, & on l'ébauchera ſelon la figure qu'il doit avoir ; on adoucira l'endroit des palettes que l'on aura laiſſées plus larges & plus longues qu'il n'eſt beſoin, afin d'y tracer les portions de cercle 1 *C* ; 3 *D* ; 2, 5, & 4, 6, telles qu'elles ſont ſur le calibre d'échappement ; on tracera de même les plans inclinés ; on limera l'ancre ſelon ces traits, en allant juſte juſqu'aux portions de cercle ; mais en tenant les bouts des plans inclinés plus longs, afin d'avoir de quoi les reculer à propos pour faire échapper ; ce qui ſe fera lorſqu'on aura mis la vis excentrique (1342), & qu'on aura placé la roue & l'ancre en cage : ſi les dents ne peuvent échapper ni d'un côté ni de l'autre, c'eſt une marque que les palettes ſont trop longues, & on les reculera ; & ſi la chûte ſe fait plus d'un côté que de l'autre, on tournera l'excentrique en conſéquence ; mais ſi après cela les dents avoient trop de chûte en abandonnant les palettes,

(*) Il faut remarquer que pour placer les palettes plus près du point de contact *i*, au lieu d'ouvrir le compas, il auroit fallu le fermer de la moitié de l'intervalle d'une dent ; & c'eſt ce qu'il faudra faire : nous diſons ici qu'il faut l'ouvrir, afin de nous rapporter à la figure dont les palettes ſont mal placées ; mais il eſt facile d'y ſuppléer, en ſuivant les regles preſcrites.

il faudroit un peu fermer les palettes pour les rapprocher du centre de la roue, en frappant en *E* & en *F* avec un marteau : or dans ce cas cela pourroit un peu changer les portions de cercle, ainsi il faudroit les limer de nouveau d'après des nouveaux traits de compas ; car c'est de l'exactitude de ces portions de cercle que dépend l'entier repos de la roue, tandis que ces portions de cercle passent sous les pointes des dents : il faut donc les limer très-exactement selon les traits de compas. Pour limer ces portions de cercle, on aura des limes à feuille de sauge de différentes courbures, selon que ces portions appartiennent à de plus grands ou petits cercles, & telles qu'elles puissent former sensiblement les portions de cercle de l'ancre.

1396. Si l'on fait les palettes trop minces, la roue aura de la chûte, & sans qu'on puisse y apporter d'autre remède que de refaire un ancre. C'est pour éviter cet inconvénient, qu'il faut les tenir presque de la moitié de l'intervalle des dents, ainsi que le donnent les dimensions que nous avons indiquées, & on les amincit ensuite petit-à-petit, en en ôtant seulement du dedans 4, & du dehors 1, en sorte que l'échappement se fasse sans chûte, & sans accotter le derriere des dents, comme on verra que cela se fait lorsqu'on exécutera un pareil échappement : nous observerons même qu'avant de tremper l'ancre, il doit rester un léger accrochement à chaque palette, afin que lorsqu'il sera trempé & poli, les dents ne fassent qu'échapper sans accottement.

1397. Il faut, dans un tel échappement, qu'à mesure qu'une dent 1 abandonne la palette *C* 1, la dent 3 ne fasse qu'anticiper de très-peu sur la portion de cercle *D* 3, & qu'elle ne tombe pas sur l'angle ni sur le plan incliné sur lequel elle ne doit agir qu'à mesure que la palette *D* s'écarte de la roue, & la même chose pour l'autre côté.

1398. Comme par la construction les deux palettes sont nécessairement de même épaisseur, puisqu'elles sont formées par les mêmes portions de cercle, on jugera de l'égalité de

levée, par la quantité dont les dents anticipent ſur les portions de cercle, & qui doivent être les mêmes ſur chaque palette : ſi cela n'eſt pas, on changera l'inclinaiſon des plans, & ſelon que l'arc total de levée ſera plus grand ou plus petit qu'il n'eſt beſoin ; ce qui ſe verra par le mouvement de la fourchette, laquelle étant au moins de ſix pouces, on ſaura le nombre de degrés qu'elle parcourt : on ſe ſervira très-avantageuſement du chemin de la fourchette, pour régler les arcs de levée, & les rendre égaux des deux côtés.

1399. L'ancre étant ainſi fait, & les faces bien dreſſées avec des limes douces, on le trempera en ne faiſant chauffer que les palettes, le reſte n'ayant pas beſoin d'être trempé ; on laiſſera ces palettes de toute leur dureté ; & ſans les faire revenir ; on dreſſera les portions de cercle concaves avec des limes de fer que l'on fera de même courbure ; & en employant de la pierre à huile broyée, on adoucira toutes les autres faces ; enſuite on préſentera l'ancre en place ; & s'il arrivoit qu'en le faiſant chauffer, les palettes ſe fuſſent écartées, & que l'échappement eût trop de chûte, on frapperoit en *E* & *F* les bords extérieurs comme pour l'écrouir ; ce qui rapprocheroit les palettes ; ſi au contraire elles accrochoient, on uſeroit, avec la pierre à huile, l'extrémité 4 & 1 des plans inclinés ; ou ſi l'accrochement étoit plus fort qu'avant de le tremper, ce ſeroit une marque que la chaleur auroit rapproché les palettes du centre du rochet ; & en ce cas, en frappant en *G* comme pour écrouir le bord intérieur du cercle *FE*, on l'écarteroit.

1400. Quand l'échappement ſera ainſi rendu juſte, on examinera ſi les dents viennent tomber également ſur les portions de cercle au moment de la chûte : ſi cela n'étoit pas, il faudroit uſer l'un des plans inclinés avec une lime de fer & de la pierre à huile broyée, de la même maniere qu'on le feroit à la lime : cela fait, on polira les faces de l'ancre avec une lime d'étain, & du rouge fin d'Angleterre.

1401. Quoique nous ayons eſſayé de donner toutes les

regles & attentions à ſuivre pour exécuter l'échappement iſochrone & celui à repos, il pourra très-bien arriver que l'on ne ſaiſira pas tout ce que nous avons dit; ce que j'attribuerai, & à la difficulté de la matiere & au peu de clarté que j'y aurai répandue; j'avoue que je n'ai pu faire mieux. Mais pour ſuppléer à ces difficultés, il faudra faire différents eſſais d'échappement, en ne faiſant d'abord les ancres qu'en cuivre, afin de pouvoir en élargir ou rapprocher les parties que l'on auroit trop limées, & juſqu'à ce que l'on ſoit parvenu à rendre les effets tels que nous les avons preſcrits; & c'eſt ſur-tout en travaillant que l'on commencera à appercevoir l'application de ces regles, pour peu que l'on veuille y réfléchir; ce qui eſt très-néceſſaire pour cette matiere qui n'eſt pas du tout facile à ſaiſir, ſelon tous les points de vue, & de maniere à tout prévoir : ainſi l'attention opérera ce que je n'ai fait qu'ébaucher.

FIN DE LA PREMIERE PARTIE.

TABLE PREMIERE.

ÉQUATION de l'Horloge, ou Table du Temps moyen à l'instant du Midi vrai.

ANNÉE BISSEXTILE.

Jours.	JANVIER. H. M. S.	Diff. croiss. S. (Différences croissantes.)	FÉVRIER. H. M. S.	Diff. croiss. S. (Différ. croissantes. / Différences décroissantes.)	MARS. H. M. S.	Diff. décr. S. (Différences décroissantes.)	AVRIL. H. M. S.	Diff. décr. S. (Différences décroissantes.)	MAI. H. M. S.	Diff. décr. S. (Différences décroissantes. / Différences croissantes.)	JUIN. H. M. S.	Diff. croiss. S. (Différences croissantes.)
1	0 4 0	29	0 14 2	7	0 12 29	12	0 3 42	18	11 56 47	7	11 57 29	10
2	0 4 29	28	0 14 9	7	0 12 17	13	0 3 24	18	11 56 40	6	11 57 39	10
3	0 4 57	27	0 14 16	6	0 12 4	14	0 3 6	18	11 56 34	6	11 57 49	10
4	0 5 24	27	0 14 22	5	0 11 50	14	0 2 48	18	11 56 28	6	11 57 59	10
5	0 5 51	27	0 14 27	4	0 11 36	15	0 2 30	17	11 56 22	4	11 58 9	10
6	0 6 18	26	0 14 31	3	0 11 21	15	0 2 13	18	11 56 18	5	11 58 19	11
7	0 6 44	26	0 14 34	3	0 11 6	15	0 1 55	17	11 56 13	3	11 58 30	12
8	0 7 10	25	0 14 37	2	0 10 51	16	0 1 38	17	11 56 10	4	11 58 42	11
9	0 7 35	24	0 14 39	0	0 10 35	16	0 1 21	16	11 56 6	2	11 58 53	12
10	0 7 59	24	0 14 39	0	0 10 19	16	0 1 5	16	11 56 4	1	11 59 5	12
11	0 8 23	23	0 14 39	0	0 10 3	17	0 0 49	16	11 56 3	2	11 59 17	12
12	0 8 46	23	0 14 39	1	0 9 46	17	0 0 33	16	11 56 1	1	11 59 29	13
13	0 9 9	22	0 14 38	3	0 9 29	17	0 0 17	15	11 56 0	0	11 59 42	12
14	0 9 31	22	0 14 35	3	0 9 12	17	0 0 2	15	11 56 0	0	11 59 54	13
15	0 9 53	21	0 14 32	4	0 8 55	18	11 59 47	15	11 56 0	2	0 0 7	12
16	0 10 14	20	0 14 29	4	0 8 37	18	11 59 32	14	11 56 2	1	0 0 19	13
17	0 10 34	19	0 14 25	5	0 8 19	18	11 59 18	14	11 56 3	2	0 0 32	13
18	0 10 53	19	0 14 20	6	0 8 1	18	11 59 4	13	11 56 5	3	0 0 45	14
19	0 11 12	18	0 14 14	7	0 7 43	19	11 58 51	13	11 56 8	3	0 0 59	12
20	0 11 30	17	0 14 7	7	0 7 24	18	11 58 38	12	11 56 11	4	0 1 11	13
21	0 11 47	16	0 14 0	8	0 7 6	18	11 58 26	12	11 56 15	4	0 1 24	13
22	0 12 3	15	0 13 52	8	0 6 48	18	11 58 14	12	11 56 19	5	0 1 37	13
23	0 12 18	15	0 13 44	9	0 6 29	19	11 58 2	11	11 56 24	5	0 1 50	13
24	0 12 33	14	0 13 35	9	0 6 10	18	11 57 51	11	11 56 29	6	0 2 3	13
25	0 12 47	13	0 13 26	10	0 5 52	19	11 57 40	10	11 56 35	6	0 2 15	13
26	0 13 0	12	0 13 16	11	0 5 33	19	11 57 30	10	11 56 41	7	0 2 28	12
27	0 13 12	12	0 13 5	12	0 5 14	18	11 57 20	9	11 56 48	7	0 2 40	13
28	0 13 24	11	0 12 53	12	0 4 56	19	11 57 11	8	11 56 55	8	0 2 53	12
29	0 13 35	10	0 12 41	12	0 4 37	18	11 57 3	8	11 57 3	8	0 3 5	11
30	0 13 45	9			0 4 19	19	11 56 55	8	11 57 11	9	0 3 16	12
31	0 13 54	8			0 4 0	18			11 57 20	10		

Pour les Années 1788 : 1792 : 1796 : 1800, &c.

TABLE PREMIERE.

ÉQUATION de l'Horloge, ou Table du Temps moyen à l'inſtant du Midi vrai.

ANNÉE BISSEXTILE.

Jours.	JUILLET. H. M. S.	Diff. croiſſ. S.	AOUST. H. M. S.	Diff. décr. S.	SEPTEMBRE. H. M. S.	Diff. décr. S.	OCTOBRE. H. M. S.	Diff. décr. S.	NOVEMBRE. H. M. S.	Diff. croiſſ. S.	DÉCEMBRE. H. M. S.	Diff. croiſſ. S.
1	0 3 28	11	0 5 51	4	11 59 31	19	11 49 23	18	11 43 46	0	11 49 43	24
2	0 3 39	11	0 5 47	5	11 59 12	19	11 49 5	18	11 43 46	0	11 50 7	24
3	0 3 50	11	0 5 42	5	11 58 53	20	11 48 47	18	11 43 46	2	11 50 31	25
4	0 4 1	10	0 5 37	7	11 58 33	19	11 48 29	18	11 43 48	2	11 50 56	25
5	0 4 11	10	0 5 30	6	11 58 14	20	11 48 11	17	11 43 50	2	11 51 21	26
6	6 4 21	10	0 5 24	7	11 57 54	21	11 47 54	17	11 43 54	4	11 51 47	26
7	0 4 31	9	0 5 17	8	11 57 33	20	11 47 37	16	11 43 58	5	11 52 13	27
8	0 4 40	9	0 5 9	8	11 57 13	20	11 47 21	16	11 44 3	6	11 52 40	27
9	0 . 4 49	8	0 5 1	9	11 56 52	21	11 47 5	15	11 44 9	6	11 53 7	28
10	0 4 57	8	0 4 52	10	11 56 32	21	11 46 50	15	11 44 15	8	11 53 35	28
11	0 5 5	8	0 4 42	10	11 56 11	21	11 46 35	14	11 44 23	8	11 54 3	28
12	0 5 13	7	0 4 32	10	11 55 50	21	11 46 21	14	11 44 31	9	11 54 31	29
13	0 5 20	6	0 4 22	11	11 55 29	20	11 46 7	14	11 44 40	10	11 55 0	30
14	0 5 26	6	0 4 11	12	11 55 9	21	11 45 53	12	11 44 50	11	11 55 30	29
15	0 5 32	6	0 3 59	12	11 54 48	21	11 45 41	13	11 45 1	12	11 55 59	29
16	0 5 38	5	0 3 47	13	11 54 27	21	11 45 28	11	11 45 13	12	11 56 28	30
17	0 5 43	4	0 3 34	13	11 54 6	21	11 45 17	11	11 45 25	14	11 56 58	30
18	0 5 47	4	0 3 21	14	11 53 45	21	11 45 6	10	11 45 39	14	11 57 28	30
19	0 5 51	4	0 3 7	14	11 53 24	21	11 44 56	10	11 45 53	15	11 57 58	30
20	0 5 55	3	0 2 53	15	11 53 3	21	11 44 46	9	11 46 8	16	11 58 28	30
21	0 5 58	2	0 2 38	15	11 52 42	21	11 44 37	8	11 46 24	16	11 58 58	30
22	0 6 0	2	0 2 23	15	11 52 21	20	11 44 29	8	11 46 40	18	11 59 28	30
23	0 6 2	1	0 2 8	16	11 52 1	21	11 44 21	7	11 46 58	16	11 59 58	30
24	0 6 3	1	0 1 52	16	11 51 40	20	11 44 14	6	11 47 16	19	0 0 28	30
25	0 6 4	1	0 1 36	17	11 51 20	20	11 44 8	5	11 47 35	19	0 0 58	30
26	0 6 3	0	0 1 19	17	11 51 0	20	11 44 3	5	11 47 54	19	0 1 28	29
27	0 6 3	1	0 1 2	18	11 50 40	19	11 43 58	4	11 48 15	21	0 1 57	30
28	0 6 2	2	0 0 44	18	11 50 21	20	11 43 54	3	11 48 36	22	0 2 27	29
29	0 6 0	2	0 0 26	18	11 50 1	19	11 43 51	3	11 48 58	22	0 2 56	29
30	0 5 58	3	0 0 8	18	11 49 42	19	11 43 48	2	11 49 20	23	0 3 25	28
31	0 5 55	4	11 59 50	19			11 43 46	0			0 3 54	28

Juillet : Différences croiſſantes. (du 26 :) décroiſſantes. — Aouſt : Différences décroiſſantes. — Septembre : Différences décroiſſantes. — Octobre : Différences décroiſſantes. — Novembre : Différences croiſſantes. — Décembre : Différences croiſſantes.

Pour les Années 1788 : 1792 : 1796 : 1800, &c.

TABLE II.

ÉQUATION de l'Horloge, ou Table du Temps moyen à l'instant du Midi vrai.

Premiere Année après la BISSEXTILE.

Jours.	JANVIER. H. M. S.	Diff. croiss. S. (Différences croissantes.)	FÉVRIER. H. M. S.	Diff. croiss. S.	MARS. H. M. S.	Diff. décr. S. (Différences décroissantes.)	AVRIL. H. M. S.	Diff. décr. S. (Différences décroissantes.)	MAI. H. M. S.	Diff. décr. S.	JUIN. H. M. S.	Diff. croiss. S. (Différences croissantes.)
1	0 4 22	28	0 14 8	7 (Différences croissantes.)	0 12 33	14	0 3 46	18	11 56 49	7 (Différences décroissantes.)	11 57 26	10
2	0 4 50	28	0 14 15	6	0 12 29	13	0 3 28	18	11 56 42	7	11 57 36	10
3	0 5 18	27	0 14 21	4	0 12 6	13	0 3 10	18	11 56 35	6	11 57 46	10
4	0 5 45	26	0 14 25	5	0 11 53	13	0 2 52	17	11 56 29	5	11 57 56	10
5	0 6 11	27	0 14 30	3	0 11 40	15	0 2 35	18	11 56 24	5	11 58 6	11
6	0 6 38	26	0 14 33	3	0 11 25	15	0 2 17	18	11 56 19	5	11 58 17	11
7	0 7 4	25	0 14 36	2	0 11 10	16	0 1 59	17	11 56 14	4	11 58 28	11
8	0 7 29	25	0 14 38	1	0 10 54	16	0 1 42	17	11 56 10	3	11 58 39	12
9	0 7 54	24	0 14 39	0	0 10 38	16	0 1 25	16	11 56 7	2	11 58 51	11
10	0 8 18	23	0 14 39	0 (Différences décroissantes.)	0 10 22	16	0 1 9	16	11 56 5	2	11 59 2	12
11	0 8 41	23	0 14 39	1	0 10 6	16	0 0 53	16	11 56 3	2	11 59 14	12
12	0 9 4	22	0 14 38	2	0 9 50	17	0 0 37	16	11 56 1	1	11 59 26	13
13	0 9 26	21	0 14 36	3	0 9 33	17	0 0 21	16	11 56 0	1	11 59 39	12
14	0 9 47	22	0 14 33	4	0 9 16	17	0 0 5	15	11 56 1	0	11 59 51	13
15	0 10 9	20	0 14 29	4	0 8 59	18	11 59 50	15	11 56 1	0 (Différences croissantes.)	11 59 4	13
16	0 10 29	19	0 14 25	5	0 8 41	18	11 59 36	14	11 56 1	2	0 0 17	12
17	0 10 48	19	0 14 20	5	0 8 23	18	11 59 22	14	11 56 3	2	0 0 29	13
18	0 11 7	19	0 14 15	6	0 8 5	18	11 59 8	14	11 56 5	2	0 0 42	13
19	0 11 26	17	0 14 9	7	0 7 47	18	11 58 54	13	11 56 7	3	0 0 55	13
20	0 11 43	16	0 14 2	8	0 7 29	19	11 58 41	12	11 56 10	4	0 1 8	13
21	0 11 59	16	0 13 54	9	0 7 10	18	11 58 29	12	11 56 14	4	0 1 21	13
22	0 12 15	14	0 13 45	8	0 6 52	19	11 58 17	12	11 56 18	5	0 1 34	13
23	0 12 30	14	0 13 37	9	0 6 33	18	11 58 5	11	11 56 23	5	0 1 47	13
24	0 12 44	13	0 13 28	10	0 6 15	19	11 57 54	11	11 56 28	6	0 2 0	13
25	0 12 57	13	0 13 18	11	0 5 56	18	11 57 43	10	11 56 34	6	0 2 13	12
26	0 13 10	12	0 13 7	11	0 5 38	19	11 57 33	10	11 56 40	6	0 2 25	13
27	0 13 22	11	0 12 56	11	0 5 19	19	11 57 23	10	11 56 46	7	0 2 38	12
28	0 13 33	10	0 12 45	12	0 5 0	18	11 57 13	8	11 56 53	8	0 2 50	12
29	0 13 43	9			0 4 42	19	11 57 5	8	11 57 1	8	0 3 2	12
30	0 13 52	8			0 4 23	19	11 56 57	8	11 57 9	9	0 3 14	12
31	0 14 0	8			0 4 4	18			11 57 18	10		

Pour les Années 1789 : 1793 : 1797 : 1801, &c.

TABLE II.

ÉQUATION de l'Horloge ; ou Table du Temps moyen à l'instant du Midi vrai.

Premiere Année après la BISSEXTILE.

Jours.	JUILLET. H. M. S.	Diff. croiss. S. (Différences croissantes. / Décroissantes.)	AOUST. H. M. S.	Diff. décr. S. (Différences décroissantes.)	SEPTEMBRE. H. M. S.	Diff. décr. S. (Différences décroissantes.)	OCTOBRE H. M. S.	Diff. décr. S. (Différences décroissantes.)	NOVEMBRE. H. M. S.	Diff. croiss. S. (Différences croissantes.)	DÉCEMBRE. H. M. S.	Diff. croiss. S. (Différences croissantes.)
1	0 3 26	11	0 5 52	4	11 59 35	18	11 49 28	19	11 43 46	1	11 49 37	24
2	0 3 37	11	0 5 48	5	11 59 17	19	11 49 9	18	11 43 45	1	11 50 1	24
3	0 3 48	10	0 5 43	5	11 58 58	20	11 48 51	18	11 43 46	2	11 50 25	25
4	0 3 58	11	0 5 38	6	11 58 38	20	11 48 33	18	11 43 48	2	11 50 50	25
5	0 4 9	10	0 5 32	6	11 58 18	20	11 48 15	17	11 43 50	3	11 51 15	25
6	0 4 19	10	0 5 26	7	11 57 58	20	11 47 58	16	11 43 53	4	11 51 40	27
7	0 4 29	9	0 5 19	8	11 57 38	20	11 47 52	17	11 43 57	4	11 52 7	26
8	0 4 38	9	0 5 11	8	11 57 18	20	11 47 25	16	11 44 1	6	11 52 33	27
9	0 4 47	8	0 5 3	9	11 56 58	21	11 47 9	16	11 44 7	6	11 53 0	28
10	0 4 55	8	0 4 54	9	11 56 37	21	11 46 53	16	11 44 13	8	11 53 28	28
11	0 5 3	8	0 4 45	10	11 56 16	20	11 46 39	15	11 44 21	8	11 53 56	29
12	0 5 11	8	0 4 35	11	11 55 56	21	11 46 24	14	11 44 29	9	11 54 25	28
13	0 5 19	6	0 4 24	11	11 55 35	21	11 46 10	13	11 44 38	9	11 54 53	29
14	0 5 25	6	0 4 13	12	11 55 14	21	11 45 57	13	11 44 47	11	11 55 22	29
15	0 5 31	6	0 4 1	12	11 54 53	21	11 45 44	12	11 44 58	11	11 55 51	30
16	0 5 37	5	0 3 49	12	11 54 32	21	11 45 32	12	11 45 9	13	11 56 21	30
17	0 5 42	5	0 3 37	13	11 54 11	21	11 45 20	11	11 45 22	13	11 56 51	29
18	0 5 47	4	0 3 24	14	11 53 50	21	11 45 9	11	11 45 35	14	11 57 20	30
19	0 5 51	4	0 3 10	14	11 53 29	21	11 44 59	10	11 45 49	15	11 57 50	30
20	0 5 55	3	0 2 56	14	11 53 8	21	11 44 49	10	11 46 4	16	11 58 20	30
21	0 5 58	2	0 2 42	15	11 52 47	21	11 44 39	8	11 46 20	16	11 58 50	30
22	0 6 0	2	0 2 27	15	11 52 26	20	11 44 31	8	11 46 36	17	11 59 20	30
23	0 6 2	1	0 2 12	16	11 52 6	20	11 44 23	7	11 46 53	18	11 59 50	29
24	0 6 3	0	0 1 56	17	11 51 46	21	11 44 16	6	11 47 11	19	0 0 19	29
25	0 6 3	0	0 1 39	16	11 51 25	20	11 44 10	6	11 47 30	19	0 0 50	29
26	0 6 3	0	0 1 23	17	11 51 5	20	11 43 4	5	11 47 49	20	0 1 19	30
27	0 6 3	1	0 1 6	18	11 50 45	20	11 43 59	4	11 48 9	22	0 1 59	30
28	0 6 2	2	0 0 48	17	11 50 25	20	11 43 55	3	11 48 31	21	0 2 19	30
29	0 6 0	2	0 0 21	18	11 50 5	19	11 43 52	3	11 48 52	22	0 2 49	29
30	0 5 58	3	0 0 13	19	11 49 46	18	11 43 49	3	11 49 14	23	0 3 18	28
31	0 5 55	3	11 59 54	19			11 43 46	0			0 3 46	29

Pour les Années 1789 : 1793 : 1797 : 1801 , &c.

TABLE IV.

ÉQUATION de l'Horloge, ou Table du Temps moyen à l'instant du Midi vrai.

Troisieme Année après la BISSÉXTILE.

Jours.	JANVIER. H. M. S.	Diff. croiss. S. (Différences croissantes.)	FÉVRIER. H. M. S.	Diff. croiss. S. (Différ. croissantes. / Différences décroissantes.)	MARS. H. M. S.	Diff. décr. S. (Différences décroissantes.)	AVRIL. H. M. S.	Diff. décr. S. (Différences décroissantes.)	MAI. H. M. S.	Diff. décr. S. (Différences décroissantes. / Différences croissantes.)	JUIN. H. M. S.	Diff. croiss. S. (Différences croissantes.)
1	0 4 8	28	0 14 4	7	0 12 38	12	0 3 55	18	11 56 52	7	11 57 22	10
2	0 4 36	28	0 14 11	7	0 12 26	13	0 3 37	18	11 56 45	7	11 57 32	9
3	0 5 4	27	0 14 18	5	0 12 13	14	0 3 19	18	11 56 38	6	11 57 41	10
4	0 5 31	27	0 14 23	4	0 11 59	14	0 3 1	18	11 56 32	6	11 57 51	10
5	0 5 58	27	0 14 27	4	0 11 45	14	0 2 43	17	11 56 26	5	11 58 1	11
6	0 6 25	26	0 14 31	3	0 11 31	14	0 2 26	18	11 56 21	6	11 58 12	11
7	0 6 51	25	0 14 34	3	0 11 17	15	0 2 8	18	11 56 17	4	11 58 23	11
8	0 7 16	25	0 14 37	1	0 11 2	16	0 1 50	16	11 56 13	4	11 58 34	12
9	0 7 41	25	0 14 38	1	0 10 46	16	0 1 34	17	11 56 9	3	11 58 46	11
10	0 8 6	24	0 14 39	0	0 10 30	16	0 1 17	16	11 56 6	2	11 58 57	12
11	0 8 30	23	0 14 39	1	0 10 14	16	0 1 1	17	11 56 4	2	11 59 9	11
12	0 8 53	22	0 14 38	1	0 9 58	17	0 0 44	16	11 56 2	1	11 59 20	13
13	0 9 15	22	0 14 37	3	0 9 41	17	0 0 28	15	11 56 1	0	11 59 33	13
14	0 9 37	21	0 14 34	3	0 9 24	17	0 0 13	15	11 56 1	1	11 59 46	13
15	0 9 58	21	0 14 31	4	0 9 7	18	11 59 58	15	11 56 0	1	11 59 59	12
16	0 10 19	20	0 14 27	4	0 8 49	17	11 59 43	14	11 56 1	1	0 0 11	13
17	0 10 39	19	0 14 23	5	0 8 32	18	11 59 29	15	11 56 2	2	0 0 24	13
18	0 10 58	18	0 14 18	6	0 8 14	18	11 59 14	13	11 56 4	2	0 0 37	13
19	0 11 16	18	0 14 12	7	0 7 56	18	11 59 1	14	11 56 6	3	0 0 50	12
20	0 11 34	17	0 14 5	7	0 7 38	19	11 58 47	12	11 56 9	3	0 1 2	13
21	0 11 51	16	0 13 58	8	0 7 19	18	11 58 35	13	11 56 12	4	0 1 15	13
22	0 12 7	15	0 13 50	9	0 7 1	18	11 58 22	11	11 56 16	5	0 1 28	12
23	0 12 22	15	0 13 41	9	0 6 43	19	11 58 11	12	11 56 21	5	0 1 40	14
24	0 12 37	14	0 13 32	9	0 6 24	19	11 57 59	11	11 56 26	5	0 1 54	13
25	0 12 51	13	0 13 23	11	0 6 5	19	11 57 48	10	11 56 31	6	0 2 7	13
26	0 13 4	11	0 13 12	11	0 5 46	18	11 57 38	10	11 56 37	6	0 2 20	12
27	0 13 15	12	0 13 1	11	0 5 28	19	11 57 28	10	11 56 43	7	0 2 32	13
28	0 13 27	10	0 12 50	12	0 5 9	18	11 57 18	9	11 56 50	8	0 2 45	12
29	0 13 37	10			0 4 51	19	11 57 9	8	11 56 58	8	0 2 57	11
30	0 13 47	9			0 4 32	19	11 57 1	9	11 57 6	8	0 3 8	12
31	0 13 56	8			0 4 13	18			11 57 14	8		

Pour les Années 1787 : 1791 : 1795 : 1799 : 1803, &c.

TABLE IV.

TABLE IV.

ÉQUATION de l'Horloge, ou Table du Temps moyen à l'instant du Midi vrai.

Troisieme Année après la BISSEXTILE.

Jours.	JUILLET. H. M. S.	Diff. croiss. S.	AOUT. H. M. S.	Diff. décr. S.	SEPTEMBRE. H. M. S.	Diff. décr. S.	OCTOBRE. H. M. S.	Diff. décr. S.	NOVEMBRE. H. M. S.	Diff. croiss. S.	DÉCEMBRE. H. M. S.	Diff. croiss. S.
1	0 3 20	11	0 5 54	4	11 59 45	19	11 49 37	19	11 43 46	1	11 49 26	23
2	0 3 31	12	0 5 50	4	11 59 26	19	11 49 18	19	11 43 45	0	11 49 49	24
3	0 3 43	11	0 5 46	6	11 59 7	19	11 48 59	18	11 43 45	0	11 50 13	24
4	0 3 54	10	0 5 40	5	11 58 48	20	11 48 41	18	11 43 45	3	11 50 37	25
5	0 4 4	11	0 5 35	6	11 58 28	20	11 48 23	17	11 43 48	3	11 51 2	25
6	0 4 15	10	0 5 29	7	11 58 8	20	11 48 6	17	11 43 51	3	11 51 27	27
7	0 4 25	9	0 5 22	7	11 57 48	20	11 47 49	17	11 43 54	5	11 51 54	27
8	0 4 34	9	0 5 15	8	11 57 28	20	11 47 32	16	11 43 59	5	11 52 21	27
9	0 4 43	9	0 5 7	9	11 57 8	21	11 47 16	15	11 44 4	6	11 52 48	27
10	0 4 52	8	0 4 58	9	11 56 47	20	11 47 1	15	11 44 10	7	11 53 15	27
11	0 5 0	8	0 4 49	10	11 56 27	21	11 46 46	15	11 44 17	8	11 53 42	29
12	0 5 8	7	0 4 39	10	11 56 6	21	11 46 31	15	11 44 25	8	11 54 11	28
13	0 5 15	7	0 4 29	10	11 55 45	20	11 46 16	13	11 44 33	9	11 54 39	29
14	0 5 22	6	0 4 19	11	11 55 24	21	11 46 3	13	11 44 42	11	11 55 8	29
15	0 5 28	6	0 4 8	12	11 55 3	21	11 45 50	13	11 44 53	11	11 55 37	30
16	0 5 34	6	0 3 56	13	11 54 42	21	11 45 37	12	11 45 4	12	11 56 7	29
17	0 5 40	5	0 3 43	12	11 54 21	21	11 45 25	12	11 45 16	13	11 56 36	30
18	0 5 45	4	0 3 31	14	11 54 0	21	11 45 14	11	11 45 29	13	11 57 6	29
19	0 5 49	4	0 3 17	14	11 53 39	21	11 45 3	10	11 45 42	15	11 57 35	30
20	0 5 53	3	0 3 3	14	11 53 18	21	11 44 53	10	11 45 57	15	11 58 5	30
21	0 5 56	3	0 2 49	15	11 52 47	21	11 44 43	8	11 46 12	16	11 58 35	30
22	0 5 59	2	0 2 34	15	11 52 36	21	11 44 35	8	11 46 28	17	11 59 5	31
23	0 6 1	2	0 2 19	16	11 52 15	21	11 44 27	8	11 46 45	17	11 59 36	30
24	0 6 3	1	0 2 3	16	11 51 54	20	11 44 19	7	11 47 2	19	0 0 6	30
25	0 6 4	0	0 1 47	16	11 51 34	20	11 44 12	6	11 47 21	19	0 0 36	30
26	0 6 4	0	0 1 31	17	11 51 14	19	11 44 6	5	11 47 40	19	0 1 6	29
27	0 6 4	1	0 1 14	17	11 50 55	20	11 44 1	4	11 47 59	21	0 1 35	30
28	0 6 3	1	0 0 57	18	11 50 35	20	11 43 57	4	11 48 20	21	0 2 5	29
29	0 6 2	2	0 0 39	17	11 50 15	19	11 43 53	3	11 48 41	22	0 2 34	29
30	0 6 0	3	0 0 22	19	11 49 56	19	11 43 50	3	11 49 3	23	0 3 3	29
31	0 5 57	3	0 0 3	18			11 43 47	1			0 3 32	28
		Différences croissantes. Décroissantes.		Différences décroissantes.		Différences décroissantes.		Différences décroissantes.		Déc. Différences croissantes.		Différences croissantes.

Pour les Années 1787 : 1791 : 1795 : 1799 : 1803, &c.

TABLE V.

De l'accélération des Etoiles fixes sur le moyen mouvement du Soleil, pour servir à vérifier la marche de l'Horloge, en laissant écouler plusieurs jours entre les observations, depuis 1 *jusqu'à* 45 *jours.*

Jours.	H. M. S.	Jours.	H. M. S.	Jours.	H. M. S.
1	0 3 56	16	1 2 54	31	2 1 53
2	0 7 52	17	1 6 50	32	2 5 49
3	0 11 48	18	1 10 40	33	2 9 45
4	0 15 44	19	1 14 42	34	2 13 40
5	0 19 39	20	1 18 38	35	2 17 36
6	0 23 35	21	1 22 34	36	2 21 32
7	0 27 31	22	1 26 30	37	2 25 28
8	0 31 27	23	1 30 26	38	2 29 24
9	0 35 23	24	1 34 22	39	2 33 20
10	0 39 19	25	1 38 17	40	2 37 16
11	0 43 15	26	1 42 13	41	2 41 12
12	0 47 11	27	1 46 9	42	2 45 8
13	0 51 7	28	1 50 5	43	2 49 4
14	0 55 3	29	1 54 1	44	2 52 59
15	0 58 58	30	1 57 57	45	2 56 55



TABLE DES PLANCHES

DE LA PREMIERE PARTIE.

Cette Table indique le numéro du Livre dans lequel les Figures de ces Planches sont expliquées.

